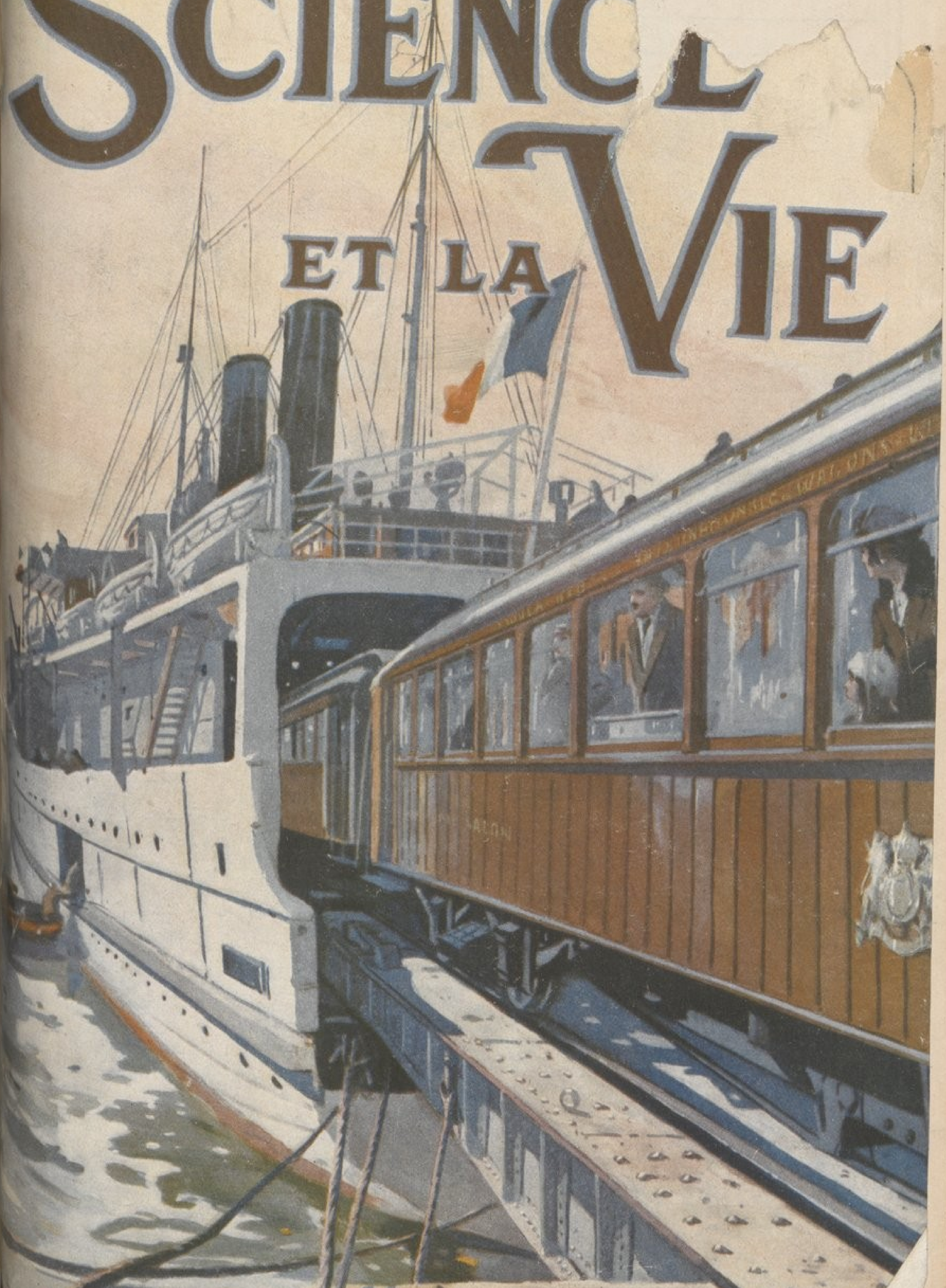
N° 44. Mai 1919.

LA SCIENCE ET LA VIE



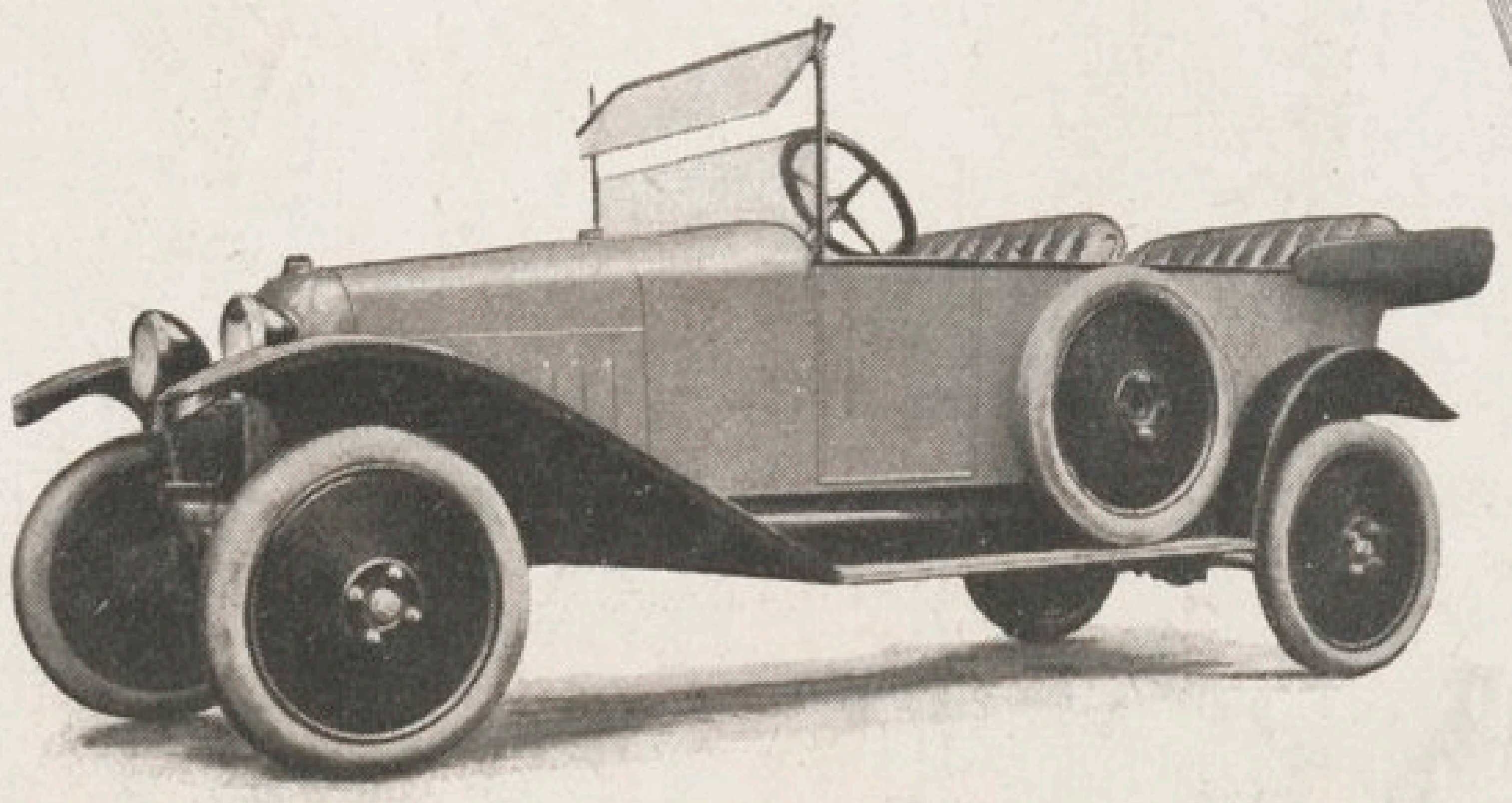
Source gallica.bnf.fr / BDIC (Bibliothèque de documentation internationale contemporaine)

“LES APPLICATION

Voiture Française Construite
n Grande Série

10 HP

éclairage et démarrage électriques



André Citroën

INGÉNIEUR CONSTRUCTEUR

113 A 145, QUAI DE JAVEL
PARIS

Le Châssis est Livré Complètement Équipé et Carrossé

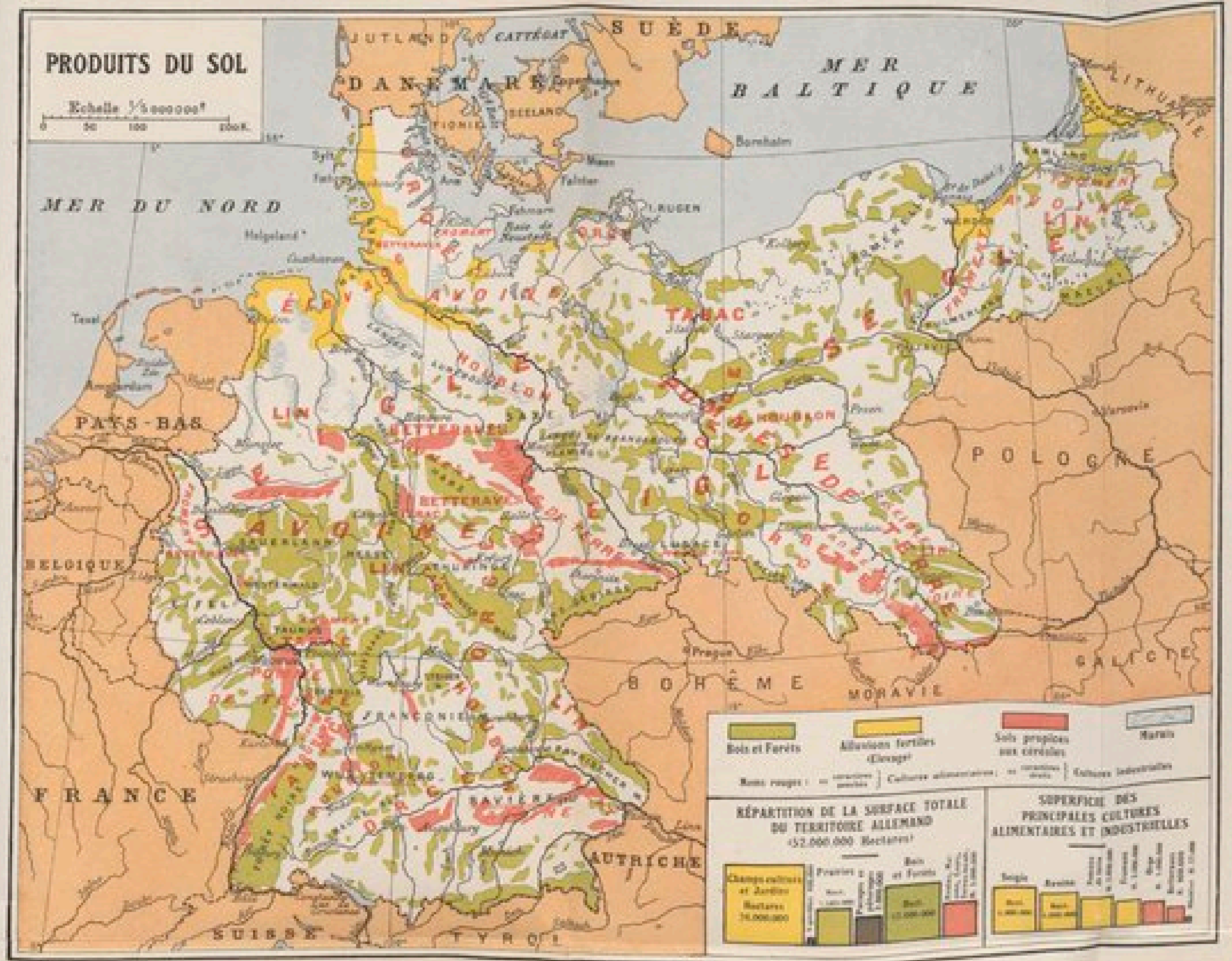
Torpedo 3 places (dont un strapontin).	7.250 Fr.	*Coupé de Ville*	9.800 Fr.
Torpedo 4 places..	7.950 —	*Camionnette*.	7.200 —
Conduite Intérieure 3 places..	8.000 —	*Voiture de Livraison*..	7.400 —
Conduite Intérieure 4 places..	9.000 —	*Voiture de Voyageur de Commerce*.. ..	7.250 —

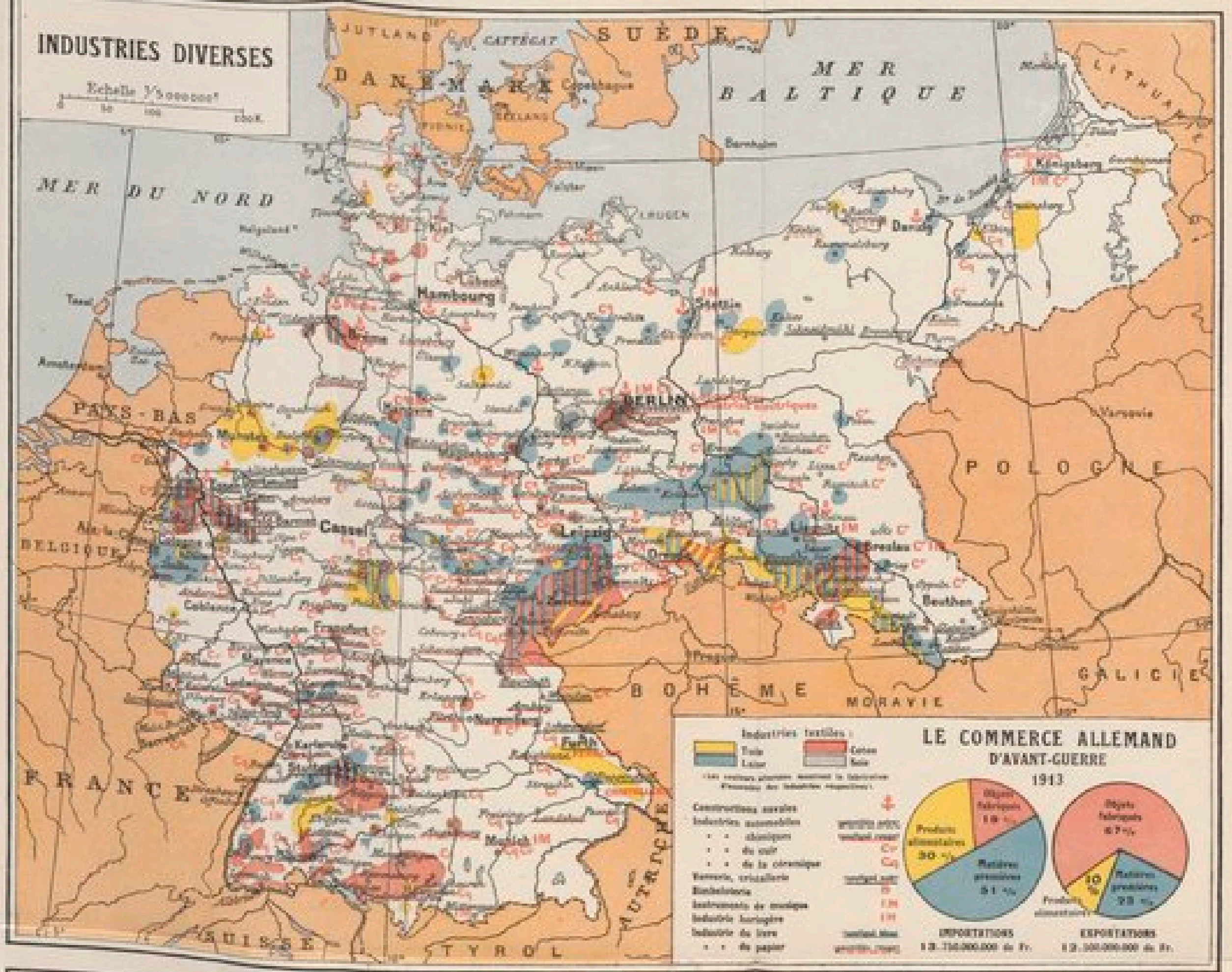
CINQ ROUES GARNIES DE PNEUMATIQUES MICHELIN (DONT UNE DE RECHANGE)

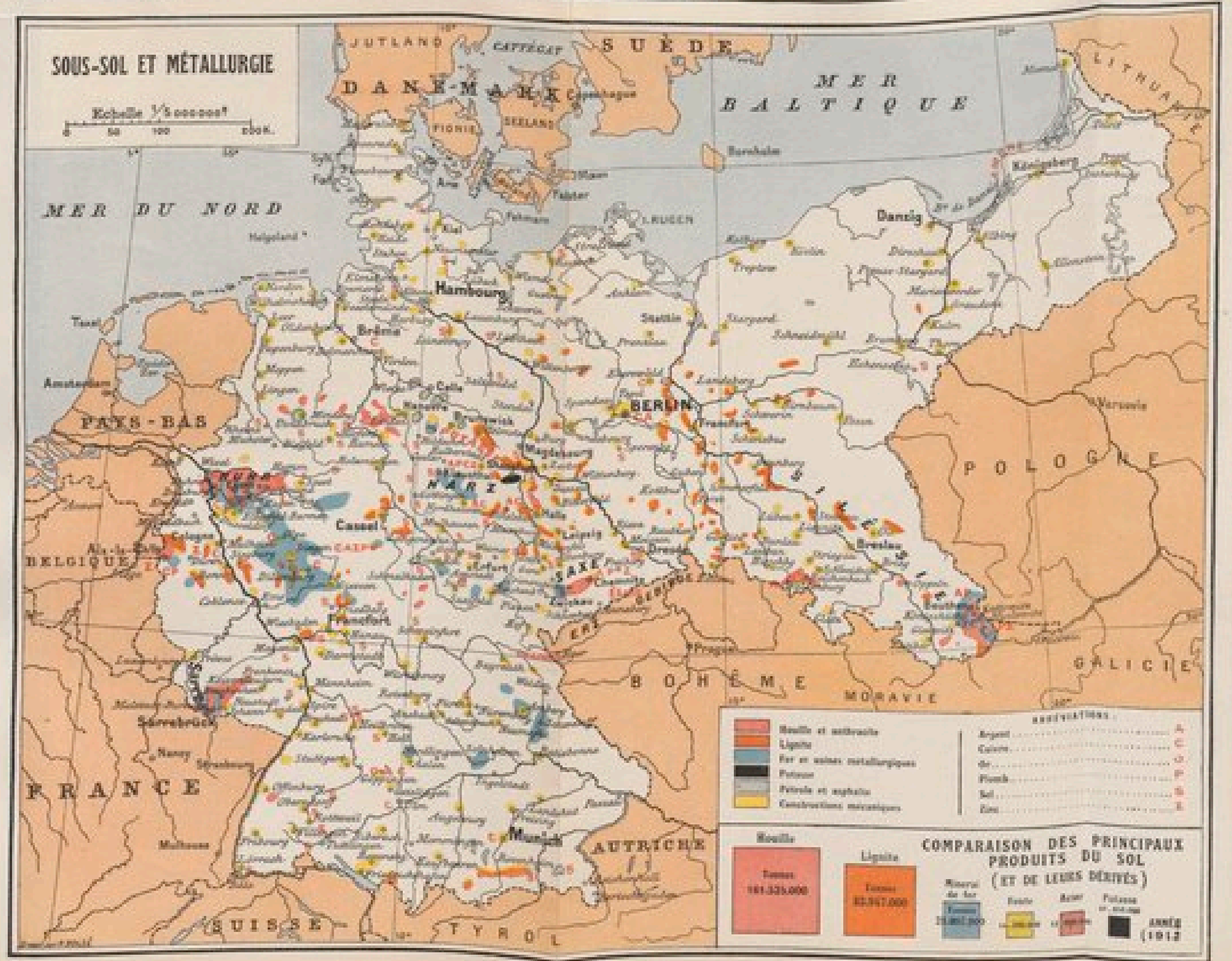
Édité par "LA SCIENCE ET LA VIE"

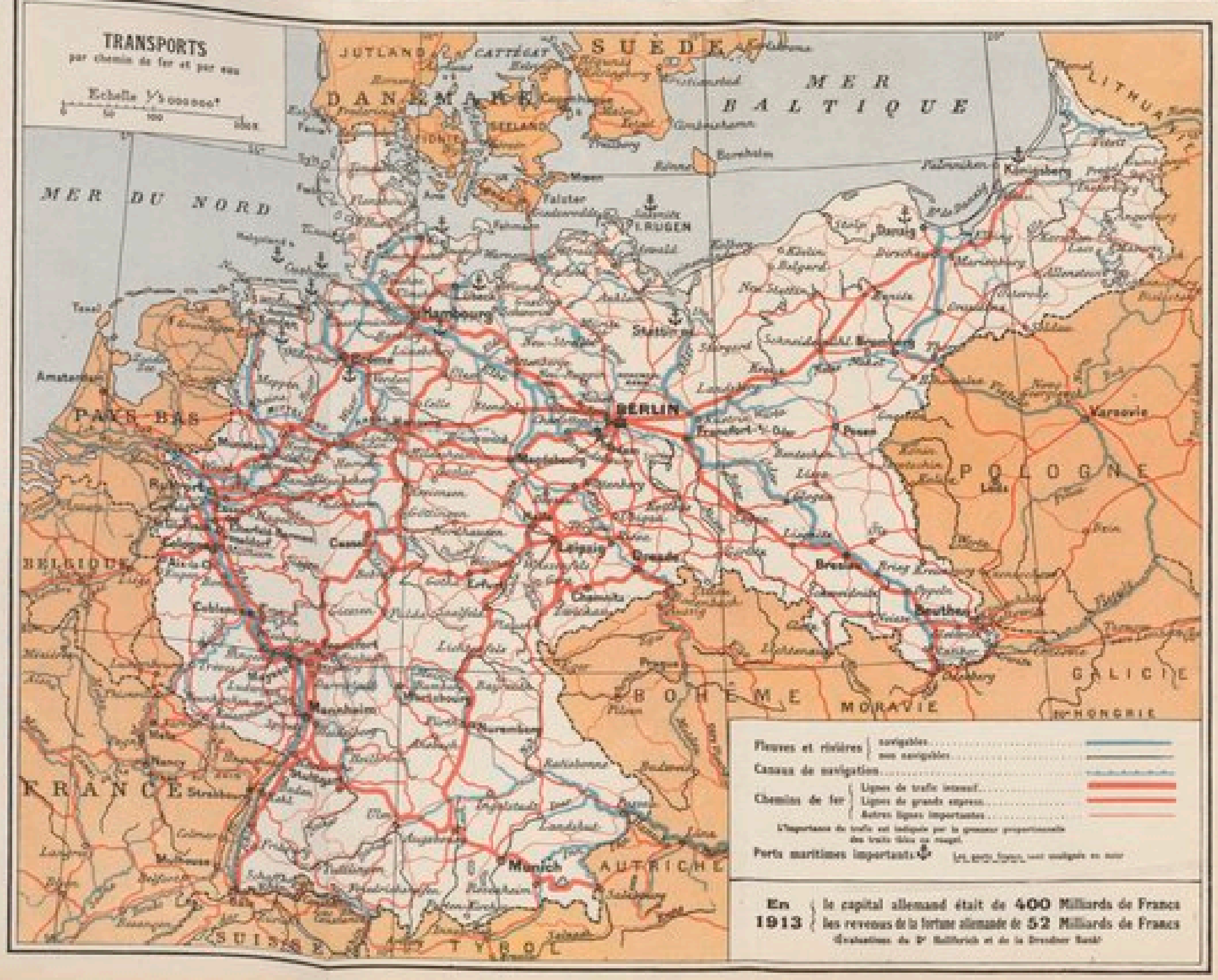
LES RESSOURCES GÉNÉRALES DE L'ANCIEN EMPIRE D'ALLEMAGNE

Numéro 44. AVRIL-MAI 1919

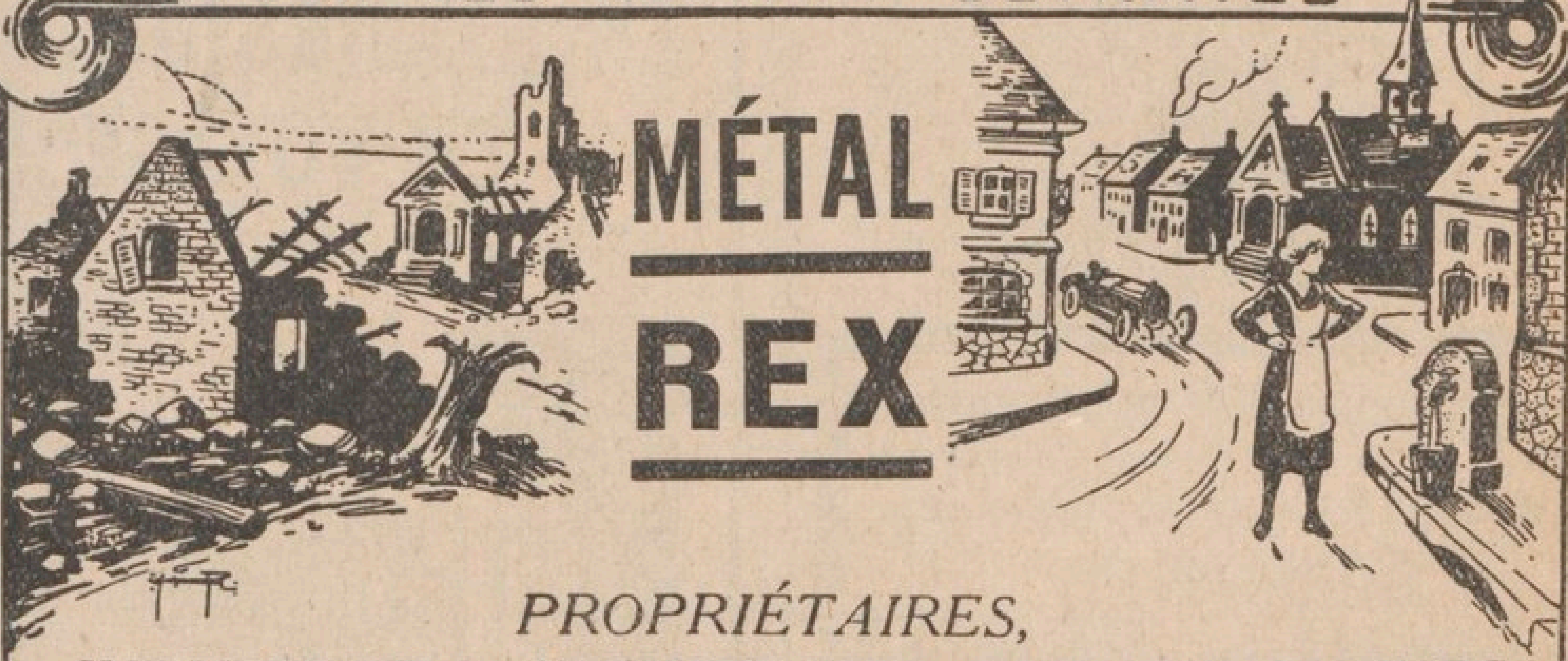








POUR LES RÉGIONS DÉTRUITES



PROPRIÉTAIRES,
INDUSTRIELS, ARCHITECTES, ENTREPRENEURS

ne construisez plus !!!

n'installez plus de conduites d'eau sous pression

NI AU SOUS-SOL - NI DANS LES APPARTEMENTS

sans employer les tuyaux de

MÉTAL REX

MAXIMUM
DE RÉSISTANCE A LA PRESSION

REX

MINIMUM
DE RISQUE D'INTOXICATION

LE MÉTAL REX

Est plus résistant que le plomb
Est aussi malléable

Est plus hygiénique
Dure plus longtemps
Se soude mieux

Se pose plus facilement
Se dissimule mieux dans les installations

COUTE MOINS CHER QUE LE PLOMB

ÉCONOMIE DE 40 à 50 %

Économie de 50 % sur les matières - Économie de 50 % sur les transports

La main-d'œuvre, la manutention, les accessoires de pose, tout est **MOINS CHER** quand on emploie le **MÉTAL REX.**

LE MÉTAL REX EST LE SEUL de sa composition ayant fait l'objet d'un avis favorable de la Commission d'examen des inventions intéressant les Armées de Terre et de Mer.

LE MÉTAL REX EST LE SEUL de sa composition dont l'emploi a été autorisé par les Ministères de la Guerre et de la Marine.

DEMANDER LES NOTICES SPÉCIALES

à MM. MARCEL BASSOT & Cie, 14, r. de Turenne, Paris

NOUS LIVRONS DÈS MAINTENANT
tous Modèles pour Voitures, Camions, Motocyclettes, Canots automobiles, etc...

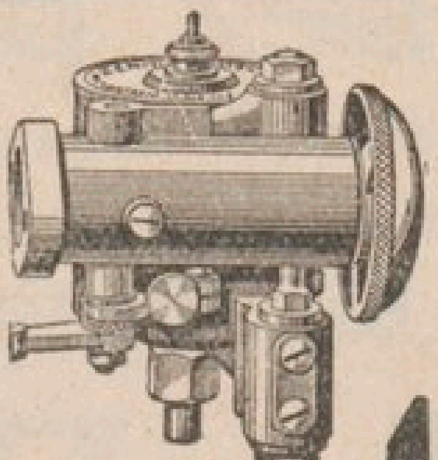
Société du

Carburateur ZÉNITH

SIÈGE SOCIAL ET USINES : ***51, Chemin Feuillat, LYON***

Maison à Paris :
15, Rue du Débarcadère, 15

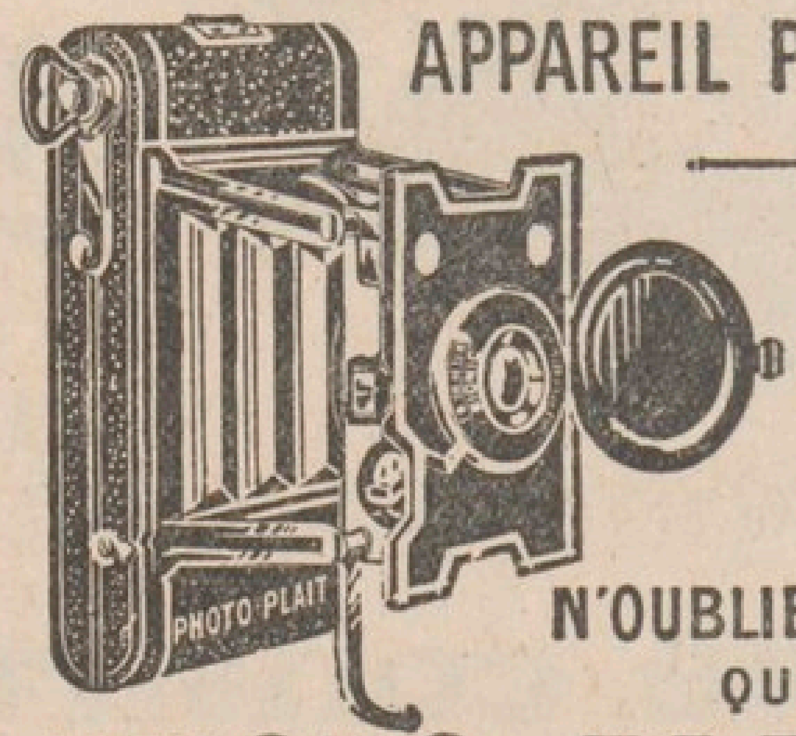
Usines et Succursales :
PARIS, LYON, LONDRES, MILAN, TURIN, GENÈVE, DETROIT, NEW-YORK.



Le Siège social, à Lyon, répond par courrier à toutes Demandes d'ordre technique ou commercial.

EN EXCURSION & EN VOYAGE !!!

EMPORTEZ UN APPAREIL PHOTO



N'OUBLIEZ PAS QUE

PHOTO-PLAIT

37, Rue Lafayette. PARIS-OPÉRA

VEND LES MEILLEURS APPAREILS

SON CATALOGUE GÉNÉRAL EST ADRESSÉ GRATIS ET FRANCO SUR DEMANDE

BURBERRYS

8 et 10, Boulevard Malesherbes - PARIS

The MOTOR BURBERRY
confectionné en **Gabardine** est le manteau recommandé aux **Automobilistes**, il leur permet, pendant de longues randonnées, de résister à toutes les intempéries. A sa qualité d'imperméable vient s'ajouter celle de protectrice, une double fermeture empêchant les rafales du vent de s'engager sous le manteau.

The MOTOR Burberry est très apprécié des **Automobilistes** par lesquels il a été reconnu indispensable, l'été, pour sa légèreté et la souplesse de son tissu; l'hiver, pour la chaleur de sa doublure détachable que l'on y adapte facilement sans l'alourdir. Son nettoyage est facile, grâce à un procédé spécial qui ne nuit en rien à son imperméabilisation.

Les catalogues sont envoyés franco sur demande.

ENSEIGNEMENT PAR CORRESPONDANCE

ÉCOLE DE GÉNIE CIVIL ET DE NAVIGATION

Subventionnée, patronnée ou recommandée par l'Etat, les Industriels et les Armateurs

73, boulevard Pereire, PARIS-XVIIe (13e Année)

DIRECTEUR **J. GALOPIN**, ✠, INGÉNIEUR CIVIL, EX-OFFICIER MÉCANICIEN

COURS ENSEIGNÉS :

Mathématiques, Mécanique, Machines à vapeur, Moteurs, Dessin, Électricité, Automobile, Aviation, T. S. F., Langues, Droit, etc.

250 ouvrages rédigés par 90 professeurs spécialistes

Le nombre de cours suivis à l'Ecole a dépassé 200.000 en 1918

Résultats aux Concours et Examens : 96 %

Placement gratuit
par la Société des anciens élèves
(Plus de 3.000 situations procurées)

Revue Technique Mensuelle
LE MÉCANICIEN ÉLECTRICIEN
(Tirage : 12.000)
spécimen gratuit

Cours sur place
Jour et soir.

1907 10 élèves
1908 32 élèves
1909 54 élèves
1910 87 élèves
1911 185 élèves
1912 313 élèves
1913 1.189 élèves
1914 2.157 élèves
1915 3.213 élèves
1916 3.918 élèves
1917 5.623 élèves
1918 8.583 élèves

MARINE DE GUERRE

Tous les Concours du Pont, de la Machine et des Bureaux

MARINE MARCHANDE

Tous les Examens d'Officiers du Pont et de la Machine

ARMÉE

Préparation spéciale et rapide à tous les Cours d'Aspirants

ADMINISTRATIONS

Arsenaux, Mines, Ponts-et-Chaussées, Postes et Télégraphes, Poudres et Salpêtres, Chemins de Fer, Manufactures de l'Etat, Douanes, Ministères, etc.

ÉCOLES SPÉCIALES

École Centrale, Supérieure d'Électricité, d'Aéronautique, des Ponts, des Postes, Saint-Cyr, Navale, etc.

INDUSTRIE

L'école délivre des diplômes pour toutes les branches de l'Industrie et à tous les grades : Ingénieurs, Sous-Ingénieurs, Chefs d'Atelier, Conducteurs, Dessinateurs, Contremaîtres, Monteurs, Surveillants.

Section féminine sur place de calqueuses et dessinatrices industrielles

Renseignements et Programme de 180 pages gratis

BUREAU D'ÉTUDES TECHNIQUES
Pour toutes les branches de l'Industrie

L'Enseignement par Correspondance permet à chacun de travailler seul les matières qu'il veut, quand il le peut et comme il le désire. *Il est le moyen le plus certain d'améliorer votre situation aujourd'hui ou demain.*

Établissements JOHN W. THORNE

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 10.000.000 DE FRANCS

SIÈGE SOCIAL : 21 bis, boulevard Malesherbes - PARIS

LA PLUS IMPORTANTE MAISON DE FRANCE

POUR LA

LIQUIDATION DES STOCKS PROVENANT DES USINES DE GUERRE

EXPOSITION PERMANENTE

du matériel disponible dans les vastes locaux de 30.000 mq couverts

160, quai de Clichy, à CLICHY

LE STOCK ACTUELLEMENT DISPONIBLE COMPREND :

MACHINES-OUTILS

Tours parallèles divers. - Tours revolvers « Warner et Swasey » et « Gisholt ». - Tours automatiques « Gridley » et « Potter et Johnston ». - Tours « Lo Swing ». - Perceuses simples. - Perceuses multiples « Baush ». - Radiales « Bickford ». - Fraiseuses simples et universelles. - Fraiseuses « Briggs ». - Machines à affûter les fraises et les outils. - Scies circulaires. - Etaux limeurs. - Machines à rectifier « Heald » et « Landis », etc...

OUTILLAGE

Meules « Norton ». - Tarauds. - Filières. - Fraises. - Alésoirs. - Marteaux. - Mandrins « Horton » et « Cushman ». - Calibres, etc...

FOURNITURES INDUSTRIELLES

Huile. - Courroies. - Établis. - Étaux. - Fours. - Transmissions, etc...

Le matériel est neuf ou d'occasion. Le matériel d'occasion est remis à l'état de neuf et vendu comme occasion.

Prix de vente garantis 5 0/0 au-dessous de n'importe quelle Maison française ou étrangère

Le Catalogue général est actuellement en préparation et sera envoyé à toute personne qui en fera la demande en spécifiant la nature de ses besoins.

Nos représentants visiteront la clientèle à Paris et dans les départements, et recevront les visiteurs de notre stock à Clichy.

Nous tiendrons également nos clients au courant de l'état de notre stock par voie d'annonces.

Adresser toute correspondance ou demande de renseignements :

ÉTABLISSEMENTS JOHN W. THORNE

160, quai de Clichy - CLICHY (Seine)

TÉLÉPHONE : Marcadet 14.32 - 19.03 - 19.04 - 19.10

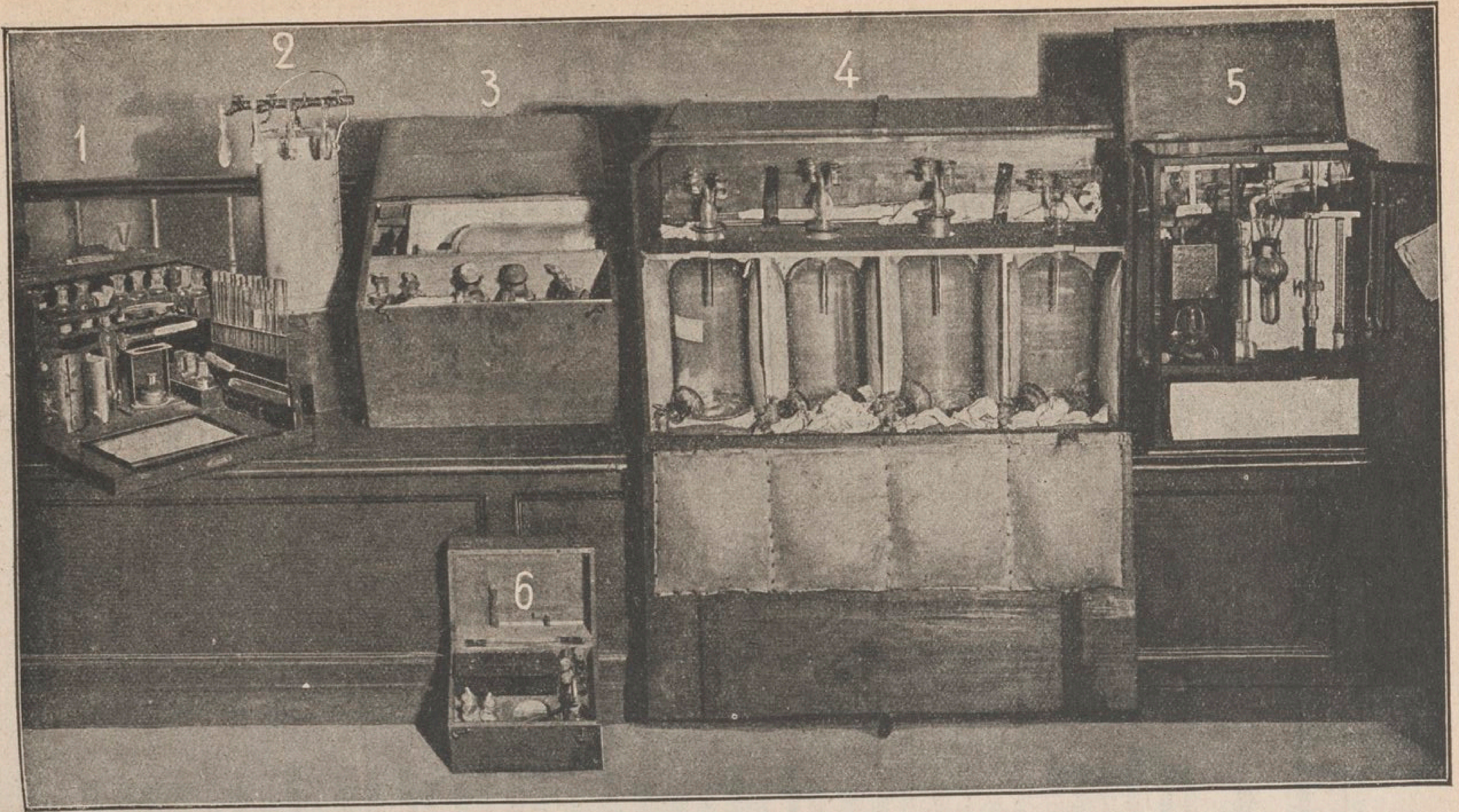
ACHAT DE TOUT MATÉRIEL ET FOURNITURES INDUSTRIELLES

No 44. # SOMMAIRE Tome XV.

(AVRIL-MAI 1919)

Les poisons et l'hygiène	E. Kohn-Abrest Docteur ès sciences, Direct. du Laboratoire de toxicologie.	387
L'avenir des ferry-boats en Europe	J.-F. Gridel Ancien attaché au service des constructions navales.	403
Les remarquables progrès de la photographie aérienne	L.-P. Clerc	417
L'examen des engins allemands lancés sur Paris et sa banlieue	Félix Delatour	431
Un vaporisateur de pétrole aussi original que pratique	Georges Bell	443
La terre défrichée, labourée et fertilisée par la dynamite	André Crober	447
L'acier électrique fabriqué par milliers de tonnes	F. Honoré	457
Les étapes successives de l'arme victorieuse : le tank	Victor Granier	465
L'illusion au théâtre	Marcel Jubin	471
Comment, à différentes époques, fut mesurée la vitesse du son	Jacques Boyer	483
Les scrutins sont rapides et sûrs avec les machines à voter	Georges Vallandral	497
Les beurres végétaux : cocose, végétaline, cocogène, etc.	Raymond Guimbert	507
Il faut écarter de Paris le danger des inondations.	Marcel Réal-Vignet	517
Cinq signatures d'un seul trait de plume		530
Les gisements de pétrole de France et d'Algérie.	Paul Meyan	531
Nouveau procédé pour le tirage des épreuves photographiques	Jules Maillefert	541
Pour prévenir les conséquences des chutes d'avions	Anselme Robert	543
Le calcul automatique des salaires et des bénéfices	Alphonse Drevon	547
L'effort accompli pour la construction des routes pendant la guerre	Commandant Verrière Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.	551
Un moyen certain de distinguer le rubis naturel du rubis artificiel	Georges Lécot	563
Une voiture de sauvetage pour les automobiles en panne		566
Les A-côtés de la Science (Inventions, découvertes et curiosités)	V. Rubor	567
Chronologie des faits de l'après-guerre		575

HORS TEXTE : Grande carte en couleurs montrant les ressources générales de l'ancien empire d'Allemagne.



L'OUTILLAGE DU CHIMISTE CHARGÉ DE RECHERCHER LES CAUSES DES INTOXICATIONS DITES PROFESSIONNELLES

1, nécessaire pour essais *toxicologiques* ; 2, « *seau* » *pour l'examen de la salubrité de l'air dans les ateliers, les salles de spectacles, etc.*; 3, *dispositif pour* la recherche et le dosage des traces d'oxyde de carbone dans l'air ; 4, caisse avec *flacons spéciaux pour les prélèvements d'air* ; 5, *appareil Lévy et Pécoul* pour l'analyse de l'air confiné et des atmosphères suspectes ; 6, nécessaire pour l'examen des peintures en bâtiment. Ces appareils, *renfermés dans des* boîtes, constituent autant de petits laboratoires portatifs qui peuvent être utilisés sur place.

LA SCIENCE ET LA VIE

MAGAZINE DES SCIENCES ET DE LEURS APPLICATIONS A LA VIE MODERNE

Rédigé et illustré pour être compris de tous.

Depuis la guerre, paraît tous les deux mois. — Abonnements : France, 11 francs, Etranger, 18 francs

Rédaction, Administration et Publicité : 13, rue d'Enghien, PARIS — Téléphone : Bergère 37-36

Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés pour tous pays.
Copyright by La Science et la Vie *Avril 1919.*

Tome XV — Avril-Mai 1919 — Numéro 44

LES POISONS ET L'HYGIÈNE

Par Émile KOHN-ABREST

DOCTEUR ÈS SCIENCES, DIRECTEUR DU LABORATOIRE DE TOXICOLOGIE

Si le toxicologue devait n'avoir, au point de vue social, d'autre rôle que celui de se pencher sur la mort suspecte, mieux vaudrait jeter un voile sur cette triste chose et n'en rien divulguer. Heureusement, ce qu'il y a de funèbre dans les recherches toxicologiques se trouve compensé par les forces nouvelles qu'elles donnent à la vie. La science des poisons ne sert pas seulement à démasquer le criminel, mais elle est une des bases de l'art de guérir. Enfin, nulle plus qu'elle n'a contribué aux progrès de l'hygiène, et c'est en cela qu'elle doit intéresser tout particulièrement les lecteurs de *La Science et la Vie*.

M. KOHN-ABREST

Les intoxications peuvent être divisées en trois groupes : les empoisonnements criminels, les empoisonnements accidentels et les intoxications professionnelles. Les deux premières sollicitent plus spécialement l'attention du médecin-légiste; les dernières préoccupent surtout l'hygiéniste, et tous ceux qui ont la charge de la sécurité ou du bien-être des travailleurs des deux sexes.

La loi de 1913 (loi Cazeneuve) qui a institué un diplôme de chimiste-expert a prévu diverses spécialisations : la toxicologie en est une. Il est à désirer que ceux qui seront chargés du futur enseignement pratique en vue de la préparation à cette partie du diplôme, sentent les liens particulièrement étroits qui unissent la médecine légale à l'hygiène.

La variété des travaux qui s'offrent à l'activité de l'expert dépasse toutes les prévisions. Chaque expertise toxicologique judiciaire donne lieu à un travail considérable. Rechercher une trace d'un toxique dans l'« océan de matière » que représente la masse des viscères humains est déjà l'un des problèmes les plus ingrats de la chimie. De plus, au cours de l'enquête, on prélève de nombreuses pièces à conviction, des médicaments ou produits divers, parfois plus d'une centaine. Tout cela doit être analysé, sans compter toutes sortes de vérifications qui s'imposent encore parfois, au cours de l'expertise.

Pour procéder à cette grave mission, pleine de responsabilités, il faut le concours de laboratoires spécialement outillés, avec un personnel parfaitement entraîné à des travaux très variés, toujours pénibles, longs et parfois insalubres.

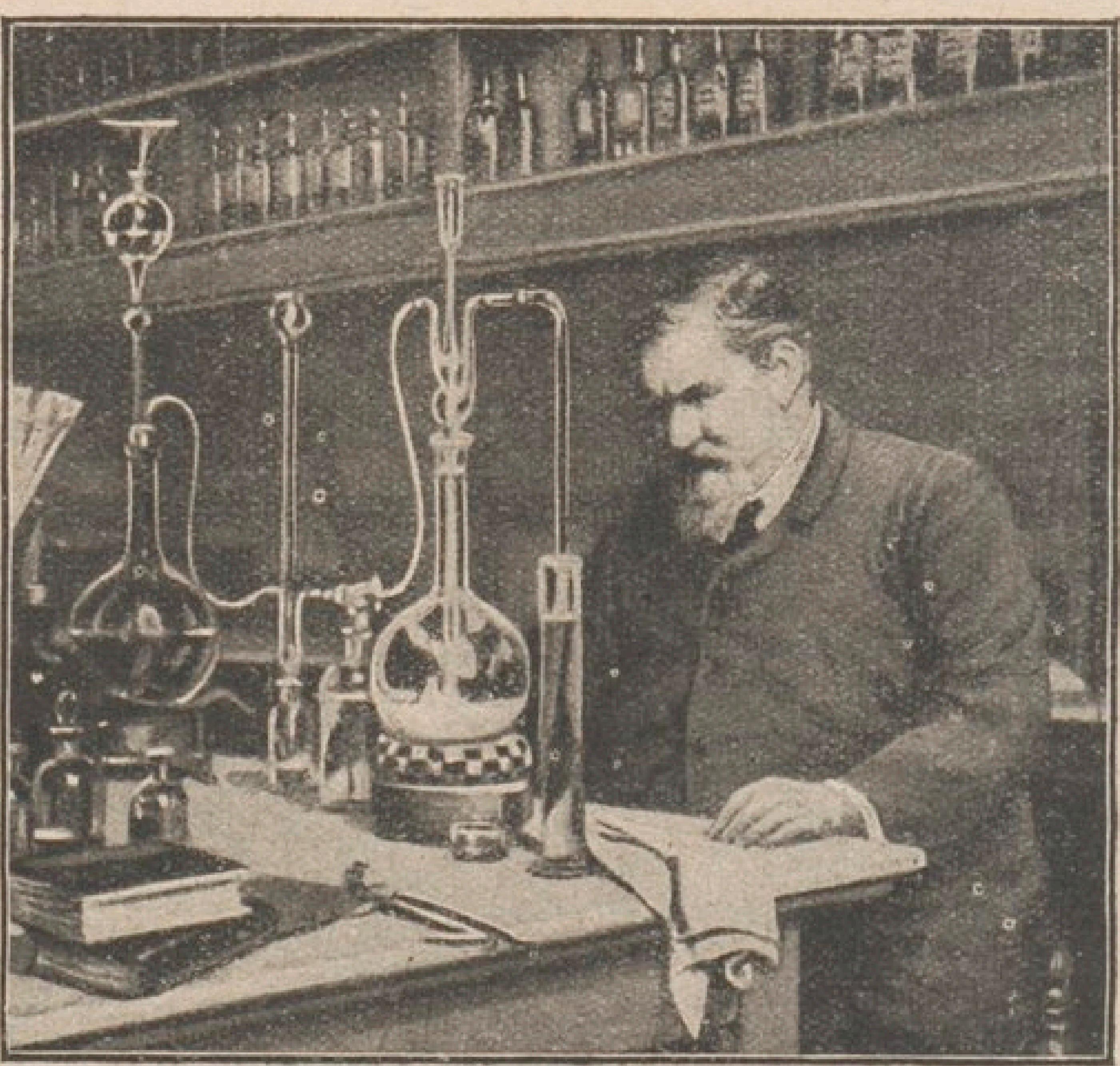
Le département de la Seine possède depuis longue date cet organisme à la préfecture de police. C'est le labora-

toire de toxicologie, fondé en 1883 sous l'inspiration de P. Brouardel, et qui fut dirigé effectivement, depuis sa fondation jusqu'en 1913, par le chimiste J. Ogier, l'un des plus purs esprits scientifiques français. Sa mort fut une perte immense.

Les statistiques de ce service indiquent qu'il n'y a aucune augmentation des empoisonnements criminels. Il semble que le scélérat, même le plus fieffé, recule devant le poison. Et puis, à défaut du dégoût de tant de lâcheté, la prudence la plus élémentaire lui conseillerait de s'abstenir, car le fameux *poison qui ne laisse pas de traces* ne court point les rues. Quant aux autres, la vigilance des chimistes à les dépister est une arme en somme très suffisante à la défense de la société.

Par contre, je craindrais plutôt quelque augmentation des empoisonnements accidentels. A leurs causes déjà connues : erreurs ou méprises diverses (tout liquide n'est pas bon à boire quand on a soif), il faut ajouter que, dans la thérapeutique actuelle, on use et on abuse peut-être de quelques médications très fortement arsenicales ou mercurielles. Certaines personnes ne les supportent pas aussi bien que d'autres, et cette « idiosyncrasie » n'est pas sans danger. Aussi doit-on toujours éviter de se soigner hors de l'aide du médecin.

En ce qui concerne les *intoxications alimentaires*, autre genre d'empoisonnements accidentels, on peut espérer que toutes les précautions prises en matière de répression des fraudes et de surveillance des denrées en réduiront encore le contingent, déjà extrêmement faible.



LE DOCTEUR J. OGIER (1853-1913)
(D'après le tableau de Ludovic Alleaume).
L'ancien directeur du Laboratoire de toxicologie est représenté surveillant la destruction des matières organiques en vue d'une recherche d'arsenic dans des viscères.

Restent les intoxications *professionnelles :* elles méritent désormais plus spécialement de retenir notre attention. Durant ces dernières années, on a dû serrer de très près beaucoup de questions ayant pris brusquement un intérêt spécial : *saturnisme, bouton d'huile des ouvriers métallurgistes, intoxications par les nitrophénols, accidents dus aux vapeurs des carbures chlorés, aux vapeurs de benzine, aux dégagements d'hydrogène arsénié*, etc., etc. ; enfin, et toujours, les méfaits de l'*oxyde de carbone*.

Pour traiter le mieux les questions de ce genre suivant toute leur ampleur, qu'il s'agisse d'établir les responsabilités en cas d'accidents ou qu'il s'agisse de les prévenir, la création d'*instituts publics et régionaux d'hygiène* me semble désirable. En liaison avec les instituts de médecine légale, ces centres régionaux serviraient de conseils techniques à l'organisme ministériel de l'hygiène publique en France. On assurerait ainsi la coordination des efforts de tous les services techniques d'hygiène industrielle ou autre.

Parmi les questions qui préoccupent à divers titres tous les hygiénistes, celles qui ont trait à la salubrité de l'air sont au premier plan. L'étude de la nocivité de certaines atmosphères industrielles a beaucoup de liens avec la climatologie. Cette partie de la science, à laquelle le laboratoire d'hygiène de la Ville de Paris a rendu tant de services, nous a appris ce que c'est que l'*air normal*.

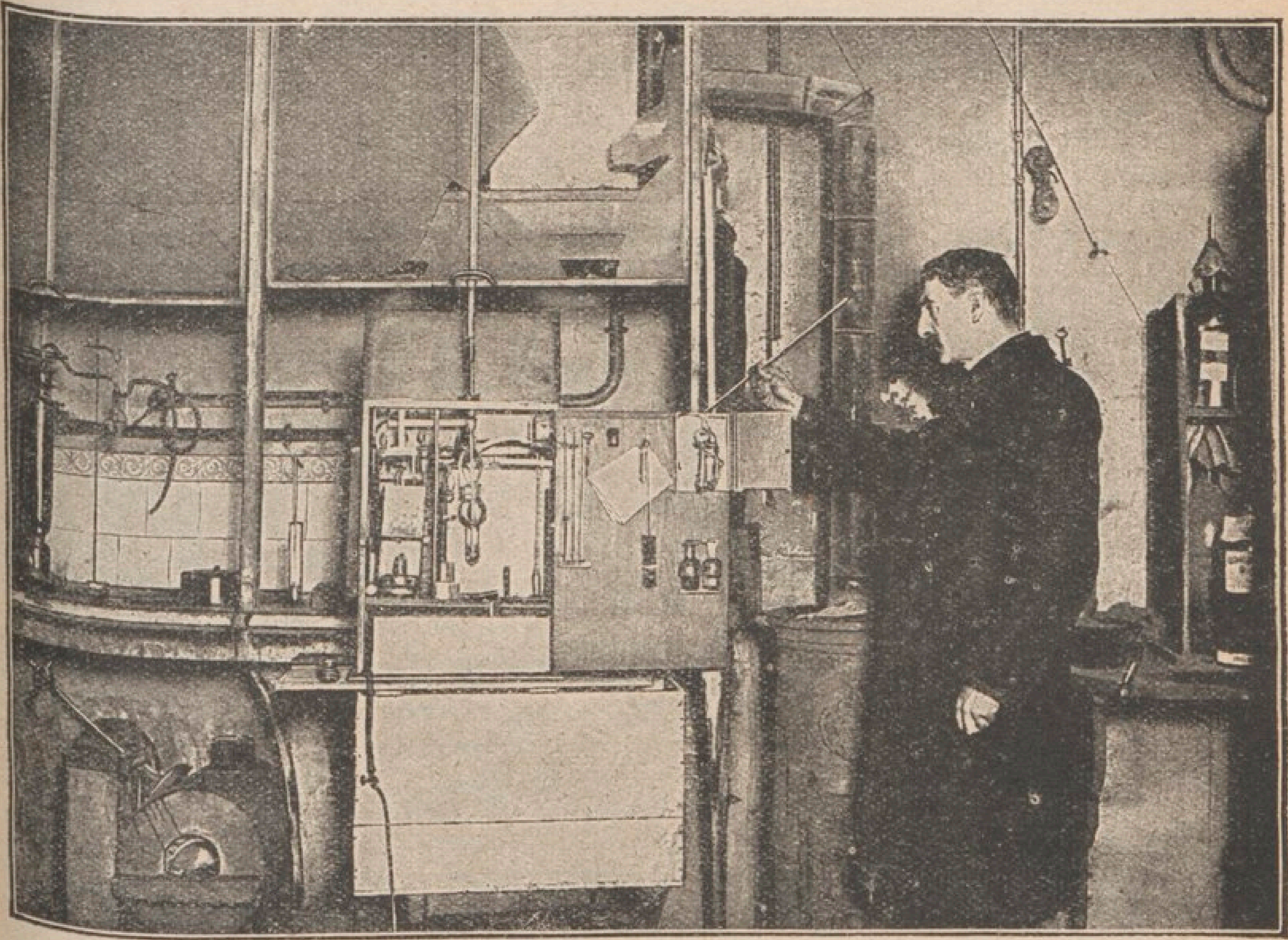
Sans entrer dans des détails climatologiques qui ne rentrent plus dans les limites de cet article, je rappellerai que

l'air des régions moyennement élevées possède volumétriquement la composition chimique exprimée ci-après :

	Pour 100 d'air sec.
Oxygène	20,50 à 20,80
Azote, etc	79,43 à 79,23
Acide carbonique	0,03 à 0,07

Il y a aussi dans l'air de la *vapeur d'eau*, facteur très important en hygiène. A

	Température 16°	Pression 760mm	Valeur en cas de brouillard
Etat hygrométrique	0,40	0,70	1,00
Proportion volumétrique de vapeur d'eau dans 100 volumes d'air	0,60	1,30	1,60
Poids de vapeur d'eau par litre d'air	0g005	0g010	0g013



APPAREIL POUR L'ANALYSE DE L'AIR CONFINÉ ET DES ATMOSPHÈRES NOCIVES

Dans un atelier il y a eu intoxication par des vapeurs délétères. Pour accomplir la mission d'expertise, il est indispensable de vérifier le bon fonctionnement du poêle et de juger s'il doit être mis ou non en cause. C'est ce qui a lieu au moyen de l'appareil portatif dont M. Ramel, qui a collaboré à sa construction, surveille le fonctionnement. En quittant l'atelier, on sera sans doute fixé sur la cause de l'accident.

Paris, l'état hygrométrique oscille entre 0,40 et 0,70 (1). (La valeur 1,00 est atteinte en cas de brouillard et de temps pluvieux, et on nous a appris en physique que la tension de la vapeur d'eau dans l'air, est alors égale à la tension *maxima* de la vapeur d'eau sous la température ambiante). C'est-à-dire que les proportions de vapeur d'eau qu'on trouve dans l'atmosphère sont celles indiquées ci-après :

(1) L'état hygrométrique est donné par des appareils très simples parmi lesquels les psychromètres de M. Angot, directeur du Bureau central météorologique, rue de l'Université.

Tout le monde connaît l'influence de l'humidité sur l'organisme : la chaleur sèche est bien mieux supportée que la chaleur humide : les amateurs de bains de vapeur sont particulièrement bien renseignés là-dessus. Ils supportent en chaleur sèche des températures supérieures à 65° et ne sauraient tolérer des degrés de chaleur humide très inférieurs.

Mais l'air contient encore bien d'autres substances, en doses, il est vrai, minimes, des composés « réducteurs » comme l'aldéhyde et l'acide formique (1 à 5 pour 100.000), des traces d'alcool, d'ammo-

niaque, et, même surtout dans l'air confiné, des matières albuminoïdes, ainsi que divers produits de putréfaction (ptomaïnes). L'air confiné se charge, en effet, des produits de la respiration dont certains, d'après les travaux classiques du Dr d'Arsonval, seraient assez nocifs. On s'en doutait d'ailleurs depuis la plus haute antiquité, et nos aïeux, dont la philosophie avait pour guide un instinct très sûr, ont désigné par « miasmes » toutes les effluves ou émanations malsaines provenant des substances organisées, vivantes ou non.

Bien avant qu'un certain nombre de découvertes aient constitué cette nouvelle partie de la science qui s'appelle la bactériologie, on connaissait fort bien l'utilité et la pratique de la *désinfection*. Toute substance chimique nouvellement connue était peu ou prou essayée à cet effet. C'est ainsi que, dès la découverte du chlore, vers la fin du XVIIIe siècle, on a employé très efficacement cet élément, surtout sous forme d'hypochlorites (chlorure de chaux, eau de Javel ou eau de Labaraque), pour désinfecter les salles des hôpitaux, les locaux privés malodorants et aussi, déjà, pour améliorer la cicatrisation des plaies.

Voici, d'après le regretté Henriet, qui fut un chimiste éminent, comment, finalement, on définira l'air normal :

« L'atmosphère d'un lieu est exempte de toute souillure émanant des grandes agglomérations humaines lorsqu'elle renferme de l'ozone d'une façon permanente, bien qu'en proportions variables, et qu'on n'y constate jamais la présence de produits réducteurs et principalement de formaldéhyde (aldéhyde-formique).

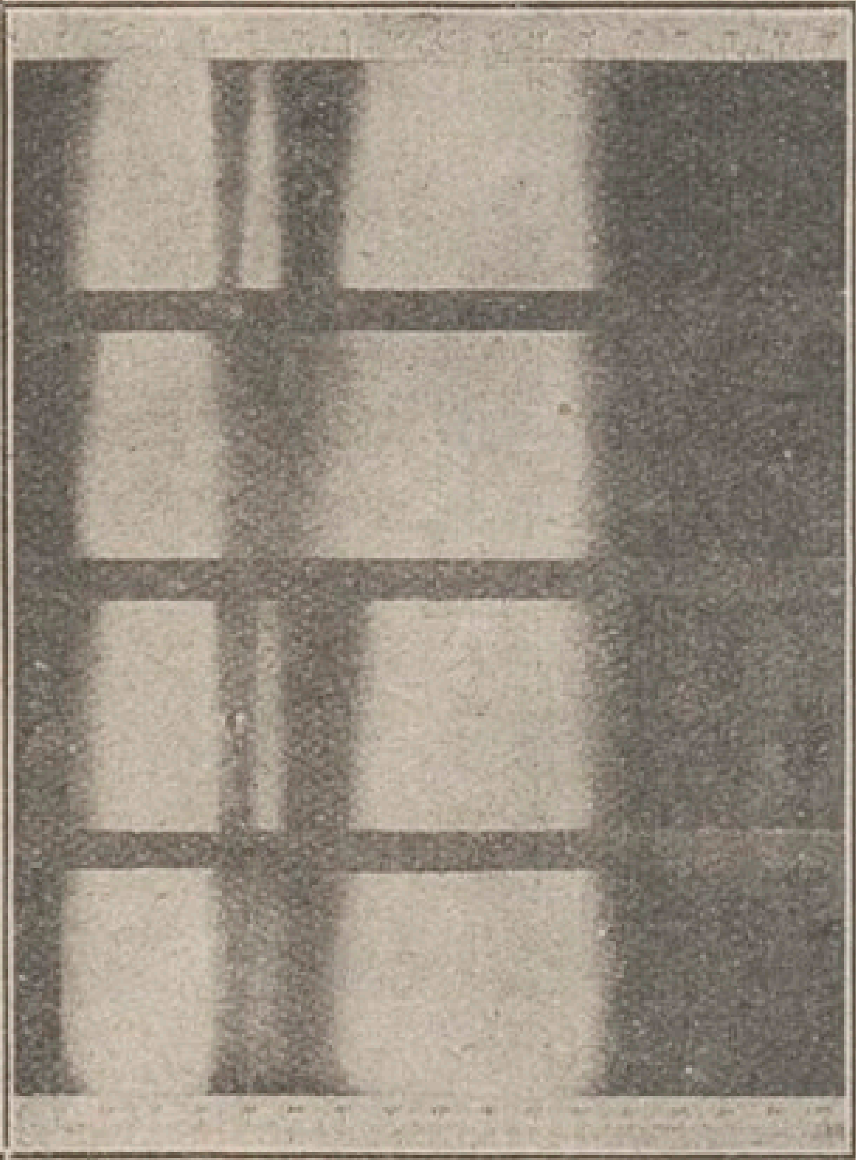
« L'atmosphère des campagnes et surtout l'atmosphère de la mer possèdent toujours des propriétés énergiquement *oxydantes*. Au contraire, celle des grandes villes est toujours *réductrice*. »

1. *Spectre normal du sang normal.*

2. *Spectre du sang normal après addition de sulfhydrate d'ammoniaque.*

3. *Spectre du sang oxycarboné.*

4. *Spectre du sang oxycarboné après addition de sulfhydrate d'ammoniaque.*



VOICI CE QUE MONTRE LE SPECTROSCOPE :

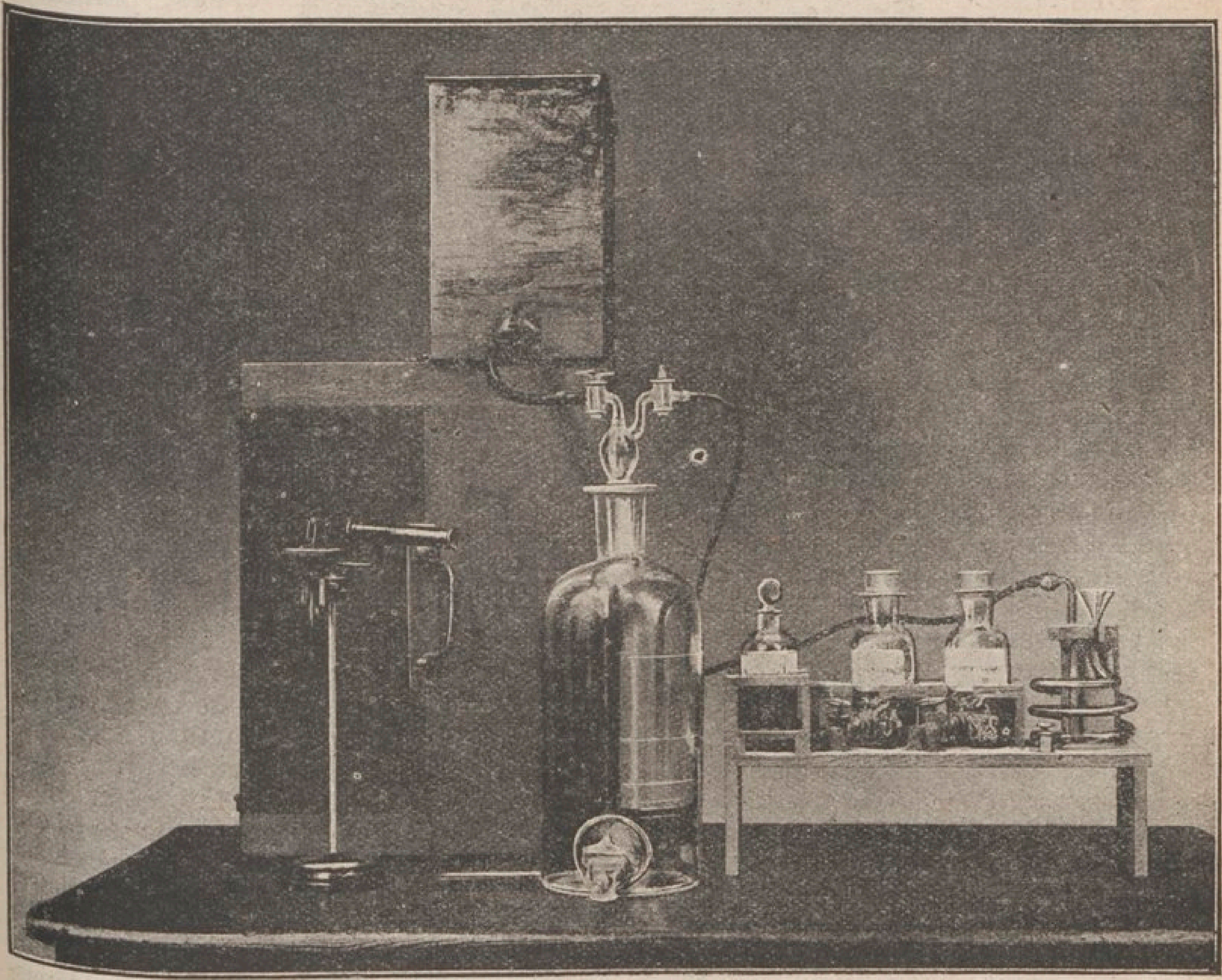
Si le sang est normal, après addition de sulfhydrate d'ammoniaque, les deux bandes de l'hémoglobine que l'on voit en 1 se réduisent à une seule (2) plus ou moins promptement, mais la réduction s'effectue toujours complètement au plus un quart d'heure après l'addition de l'agent réducteur. Si, au contraire, la réduction des deux bandes primitives en une seule ne s'est pas effectuée un quart d'heure après l'addition de l'agent réducteur, c'est que le sang est oxycarboné (spectre n° 4).

Tels sont les points essentiels qui permettent au toxicologiste de savoir à partir de quel moment l'atmosphère aura cessé d'être normale et deviendra plus ou moins nocive. En fait, à ce point de vue, le meilleur renseignement sera donné par sa teneur en *acide carbonique*. Les hygiénistes admettent qu'elle ne doit pas dépasser 1 pour 1.000 volumes. C'est à ce moment que nos chambres sentent « le renfermé ». Une dose plus forte est l'indice d'un degré de confinement excessif et d'un défaut d'aération. Mais on pourrait vivre au milieu d'atmosphères à teneur d'acide carbonique beaucoup plus élevée : dans certains ateliers, dans certains lieux de réunion et dans des salles de spectacles, il y en a parfois 4 à 5 pour 1.000. Ce gaz ne devient très dangereux qu'en proportions massives, supérieures à 10, 13 pour 100, auxquelles il éteint les bougies.

Ordinairement, lorsqu'il s'agit de locaux non chauffés, l'acide carbonique est produit uniquement par la respiration et par les échanges pulmonaires. Chacun de nous est une machine aspirante et soufflante dont le rythme fait pénétrer dans les poumons, par heure, 420 litres d'air, soit environ 85 litres d'oxygène. L'organisme, qui retient généralement 20 à 25 litres de ce dernier gaz, restitue à

sa place, toujours par heure, 15 à 20 litres d'*acide carbonique* qui, avec l'oxygène non employé et l'azote, constituent, *grosso modo*, l'air expiré.

Mais d'autres causes plus inquiétantes que la respiration viennent charger les lieux habités d'acide carbonique. Il y a vraiment à Paris encore beaucoup trop



DISPOSITIF TRANSPORTABLE POUR LA RECHERCHE ET LE DOSAGE DES TRACES D'OXYDE DE CARBONE DANS L'AIR

A cet effet, l'air est privé d'oxygène par l'hydrosulfite de soude, puis déplacé bulle à bulle à travers une solution de sang diluée, introduite dans un tube en spirale afin de fixer l'oxyde de carbone à mesure de son passage. De temps en temps, on prélève quelques gouttes de la solution sanguine en vue de son examen spectroscopique, au moyen du spectroscope placé à côté du flacon. Ce procédé permet de déceler, selon les cas, de 1/12.000e à 1/20.000e. (Voir la figure de la page précédente).

de cheminées surannées, à coffre unique pour toute une maison, qui sont un défi au point de vue de l'hygiène. L'acide carbonique, dont nous risquons d'être gratifiés par elles, n'est, malheureusement, plus toujours seul, et l'oxyde de carbone, son redoutable compère, s'y glisse plus ou moins, créant de sérieux dangers.

Comme l'acide carbonique, l'oxyde de carbone, contrairement à un préjugé commun, n'a pas d'odeur. Jamais on ne « sent l'oxyde de carbone » ; seules sont perceptibles à l'odorat les différentes traces d'impuretés qui peuvent éventuellement l'accompagner et qui constituent les odeurs de « fumée » ou de « charbon ».

De même, il n'est pas toujours juste de dire que l'acide carbonique, parce que plus dense que l'air, se concentrera dans les parties basses, et l'oxyde de carbone, parce qu'un peu plus léger, dans les parties élevées. Ceci ne serait exact qu'en cas de dégagements massifs et abondants des gaz ; mais, dans les conditions habituelles d'une viciation de l'air par des produits de la respiration ou par ceux de la combustion, l'atmosphère reste à peu près homogène dans toute la pièce.

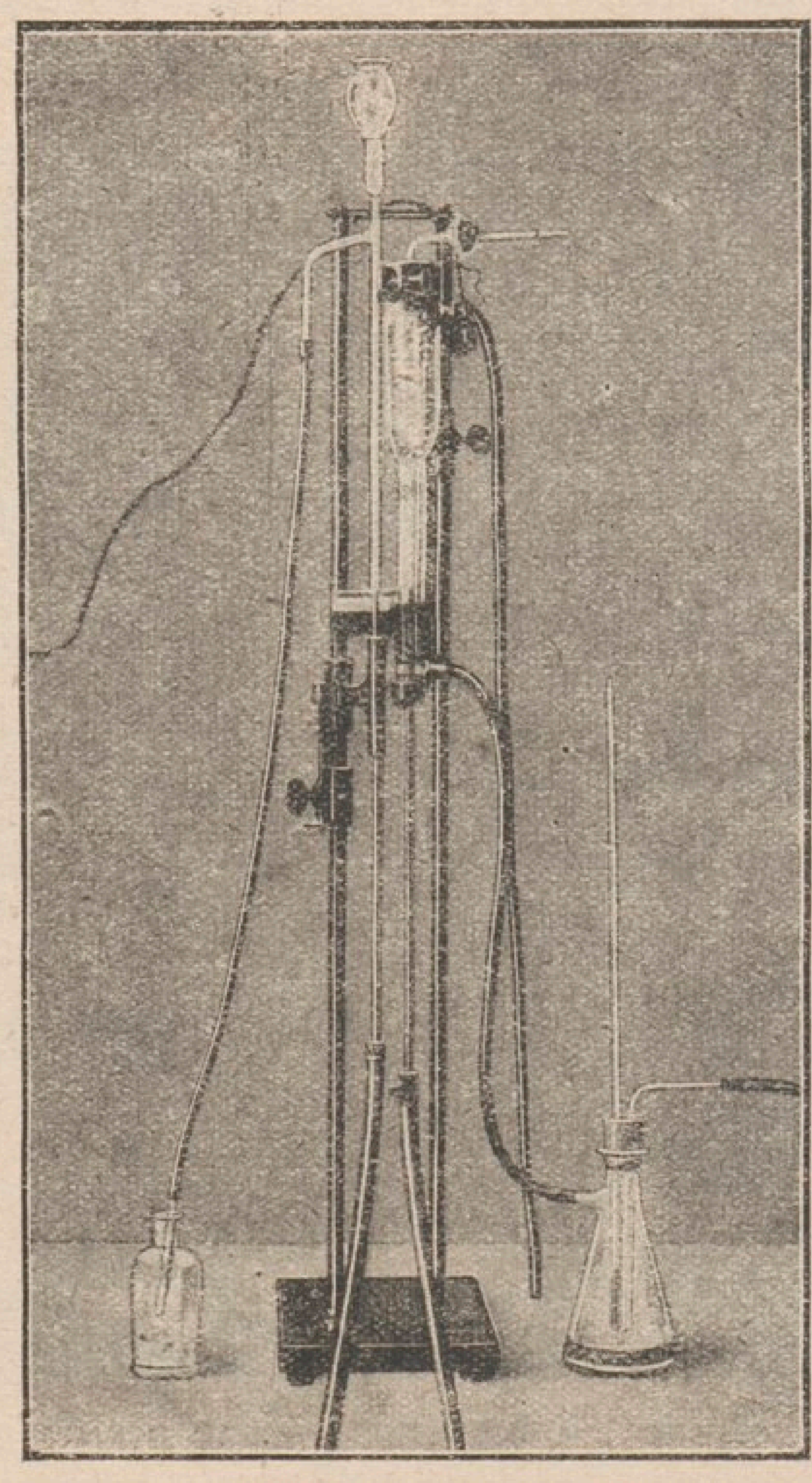
Les faibles doses de gaz anormaux qui, peu à peu, sournoisement, souillent l'air, s'y diffusent complètement.

Depuis quelques années, deux savants

français, Henriet et Bouyssy, ont donné à l'air un facteur numérique de viciation autre que celui qui découle de l'excès d'acide carbonique. Ils l'ont appelé « degré de pollution ». On le détermine, en condensant la vapeur d'eau de l'air sous forme de *givre*, et en faisant agir un poids déterminé de l'eau de fusion du givre sur une solution de permanganate de potassium.

Lorsqu'il y a des impuretés dans l'air, celles-ci sont condensées avec le givre. Elles exerceront alors leurs propriétés « réductrices » sur le permanganate, qui, en se décomposant, cédera l'oxygène nécessaire à leur oxydation.

Le nombre de milligrammes d'oxygène ainsi fourni par le permanganate, pour oxyder les composés réducteurs de 100.000 litres d'air, constitue précisément le « degré de pollution ». Il est, pour des atmosphères à peu près normales, compris entre *1 et 14*.



GRISOUMÈTRE A MERCURE

Dans cet appareil, dû surtout à Ogier, la combustion du gaz que l'on veut doser dans l'air est réalisée dans une ampoule maintenue à température constante et traversée par une spirale de platine qui peut être portée à l'incandescence par un courant électrique. La diminution de volume et, dans certains cas, la mesure de l'absorption par la potasse, permettent de calculer la proportion de gaz combustible. La sensibilité varie, selon la nature des gaz, de 1/2.000e à 1/6.000e.

Mais le *degré de pollution* et l'*acide carbonique* sont, en réalité, deux variables indépendantes. Une atmosphère confinée très chargée en acide carbonique n'a pas nécessairement un degré de pollution très excessif. Inversement, une atmosphère riche en substances réductrices, peut ne pas l'être en acide carbonique. Aussi, la détermination de la teneur en acide carbonique s'impose-t-elle toujours.

Les recherches sur le « degré de pollution » sont à peine ébauchées ; je pense qu'à tous points de vue : hygiénique, toxicologique, épidémiologique, elles doivent être poursuivies. Des analyses plus approfondies sur ce qui se condense avec le givre, lorsque l'air contient différentes substances nocives, paraissent devoir contribuer au progrès des études sur les atmosphères suspectes ; et, peut être, assurer le moyen d'y déceler et d'y doser rapidement les divers composés toxiques.

J'ai, à dessein, insisté sur l'acide carbonique atmosphérique. Sa détermination permet très rapidement d'estimer par quelles mesures d'aération, ou bien de ventilation, on devra réduire la teneur en acide carbonique aux limites hygiéniques.

Ces deux mots ne représentent pas la même chose : *aérer*, c'est assurer le cube d'air suffisant pour que la viciation ne dépasse pas 1 pour 1.000 d'acide carbonique quel que soit le séjour des travailleurs. En France, la législation prescrit à ce sujet que : (Article 5 du décret en date du 29 novembre 1905).

« Le cube d'air par personne ne pourra être inférieur à 7 mètres cubes. Il sera de 10 mètres au moins par personne employée dans les laboratoires, cuisines. Il en sera de même dans les magasins, boutiques et bureaux ouverts au public. Un avis affiché dans chaque local de travail indiquera sa capacité en

mètres cubes. Les locaux fermés affectés au travail seront largement aérés...

« Art. 6. — L'air des ateliers sera renouvelé de façon à rester dans l'état de pureté nécessaire à la santé des ouvriers. »

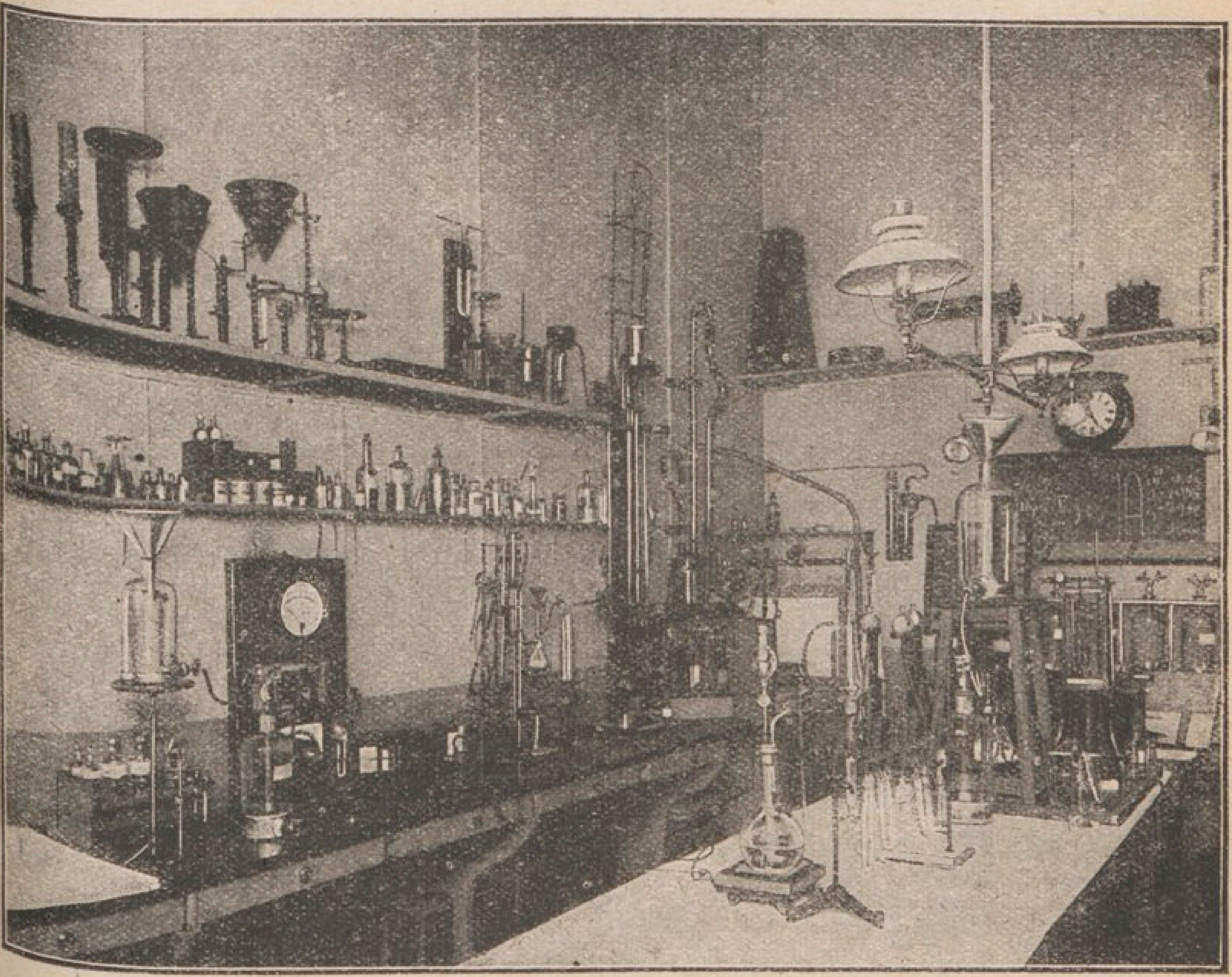
Pour fixer les idées, je dirai qu'il faut, dans ce but, fournir par travailleur au moins 30 mètres cubes d'air frais à l'heure.

L'aération des locaux se fait déjà très efficacement par les cheminées, même sans feu. D'après certains calculs, l'air d'une petite chambre d'environ 40 mètres cubes peut se renouveler, par un temps calme, en trois quarts d'heure, lorsque le tablier de la cheminée est relevé ; en trois heures lorsqu'il sera baissé. S'il y a du vent, l'aération est plus active. Enfin, avec un bon feu, le renouvellement de l'air s'effectuerait en douze minutes et en vingt-quatre avec un feu moyen.

Ventiler, ce n'est pas seulement assurer le cube d'air suffisant, mais c'est, en outre, faire disparaître par des dispositifs spéciaux les vapeurs malsaines ou nocives, en empêchant, autant que faire se peut, tout risque d'inhalation.

Bien que le fait paraisse étrange, des intoxications peuvent survenir même en *plein air* faute d'une ventilation appropriée. Cette question, bien connue des inspecteurs du travail, mérite de retenir de plus en plus l'attention de tous les hygiénistes, dont on attend non seulement les critiques, mais aussi les conseils et les avis ayant une valeur pratique.

La première opération est donc le dosage de l'acide carbonique. Il peut être effectué sur place, en même temps que celui des autres gaz ou émanations acides de l'atmosphère. Lorsqu'il s'agit de l'air ordinaire, il n'y a guère lieu de se préoccuper des autres gaz acides : l'acide carbonique étant le seul auquel nous ayons affaire. Mais il n'en est plus de même dans beaucoup d'atmosphères industrielles, par exemple celles des ateliers de graveurs ou de galvanoplastes où peuvent se produire des dégagements importants de vapeurs chlorhydriques et surtout nitreuses; ces dernières sont extrêmement insidieuses et agissent très énergiquement sur les bronches des ouvriers.



LABORATOIRE D'ANALYSE DES GAZ AU LABORATOIRE DE TOXICOLOGIE

Les procédés de recherche et de dosage sur place de l'acide carbonique ne manquent certainement pas : celui que j'emploie actuellement se recommande surtout par une extrême simplicité ; de plus, il permet, du coup, de distinguer l'acide carbonique des autres gaz acides de l'atmosphère, et de doser, sur place, l'un et les autres.

Il suffit de faire barboter par aspiration de l'air à travers une solution aqueuse de *baryte*; elle retient l'acide carbonique, sous forme de carbonate de baryte qui se dépose très promptement au fond du barboteur. On peut donc voir et suivre en quelque sorte l'acide carbonique à mesure de sa captation et déjà en estimer approximativement la dose rien que par la lecture de la hauteur du dépôt. A cet effet, il n'est besoin que de graduer le fond du barboteur.

Pour fixer les idées, disons que la rapidité avec laquelle l'eau de baryte se troublera paraît proportionnelle à la teneur en acide carbonique de l'air. C'est ainsi qu'avec une aspiration de trois litres d'air par heure 10 centimètres cubes d'eau de baryte saturée se troublent fortement :

En près de 20 minutes, s'il s'agit d'air à 5 pour 10.000 volumes de CO^2 ;

En 10 minutes exactement, s'il s'agit d'air à 1 pour 1.000 volumes de CO^2 ;

En moins de 2 minutes s'il s'agit d'air à 4 pour 1.000 volumes de CO^2.

On obtiendra un dépôt de carbonate suffisant pour le dosage précis décrit ci-dessous, au bout des temps suivants :

1 heure environ, s'il s'agit d'air à 5 pour 10.000 d'acide carbonique (normal);

30 minutes s'il s'agit d'air à 1 pour 1.000 d'acide carbonique (douteux);

10 minutes s'il s'agit d'air à 4 pour 1.000 d'acide carbonique (mauvais).

CHIMISTES SE PRÉSENTANT POUR VÉRIFIER LA SALUBRITÉ DE L'AIR D'UN ATELIER

On voit que leur matériel n'est pas très encombrant.

En vue du dosage, j'ai utilisé le fait que l'addition progressive d'un acide à l'eau de baryte carbonatée neutralise d'abord la baryte restée libre, sans attaquer aucunement le carbonate, qui n'est décomposé qu'à la suite. Pour voir et mesurer les deux phases : neutralisation de la baryte libre, et attaque du carbonate, il suffit d'employer une solution titrée d'un *acide minéral* en présence successivement de *deux réactifs dits indicateurs*: la *phénolphtaléine* et l'*hélianthine*.

La première partie de la réaction, c'est-à-dire la neutralisation de la baryte restée libre, sera accusée par le virage du *rouge au blanc* du liquide coloré par le premier réactif indicateur : la phénolphtaléine. A ce moment, on ajoutera l'autre indicateur : l'hélianthine, qui devra colorer le liquide en jaune, et on poursuivra l'addi-

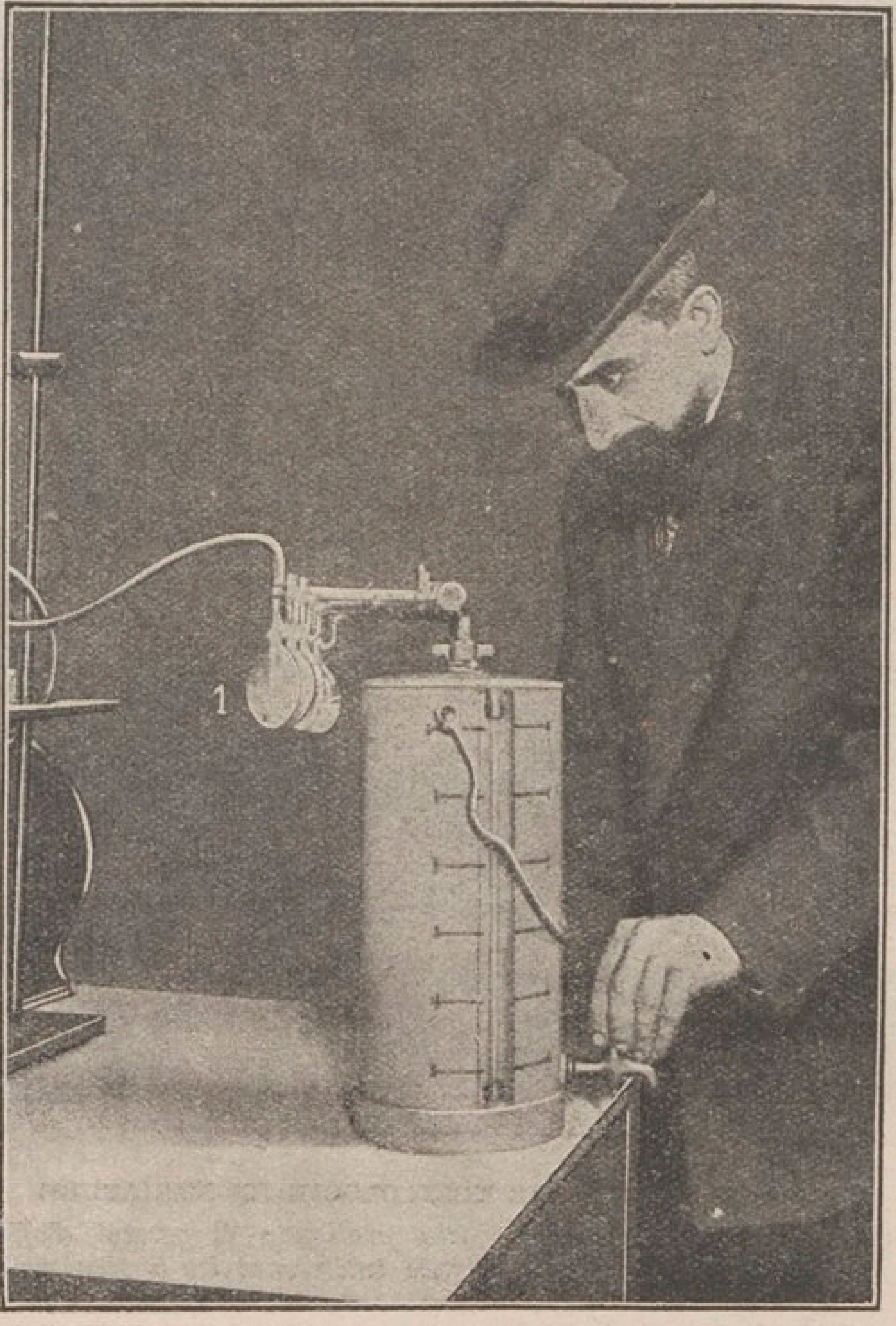
tion d'acide jusqu'au virage, persistant du jaune au *rose*. Le volume d'acide ajouté pour passer d'un virage à l'autre exprimera uniquement l'acide carbonique.

Pour simplifier, on peut également n'employer qu'un seul indicateur à *double effet*, formé par un mélange à volumes égaux de solutions alcooliques de phénolphtaléine et d'hélianthine.

Dans ces conditions, on observera successivement : 1° le virage du rouge au jaune pâle au moment de la neutralisation de la baryte restée libre ; 2° le virage du jaune au rose au moment de la décomposition totale du carbonate.

La solution aqueuse d'acide minéral, le plus avantageux ici, est une solution d'acide nitrique « quart normal » $\left(\frac{N}{4}\right)$, dont 1 centimètre cube correspond à 2 c.c. 80 d'acide carbonique, c'est-à-dire contenant 15 gr. 75 d'acide nitrique réel, par litre.

Quant aux autres gaz ou émanations acides, leur dosage est immédiat à condition de connaître l'alcalinité initiale de l'eau de baryte employée. Il suffit alors de retrancher de l'alcalinité disparue celle qui a été absorbée par l'acide carbonique. On vérifie du coup si l'atmosphère contient ou non d'autres gaz acides.



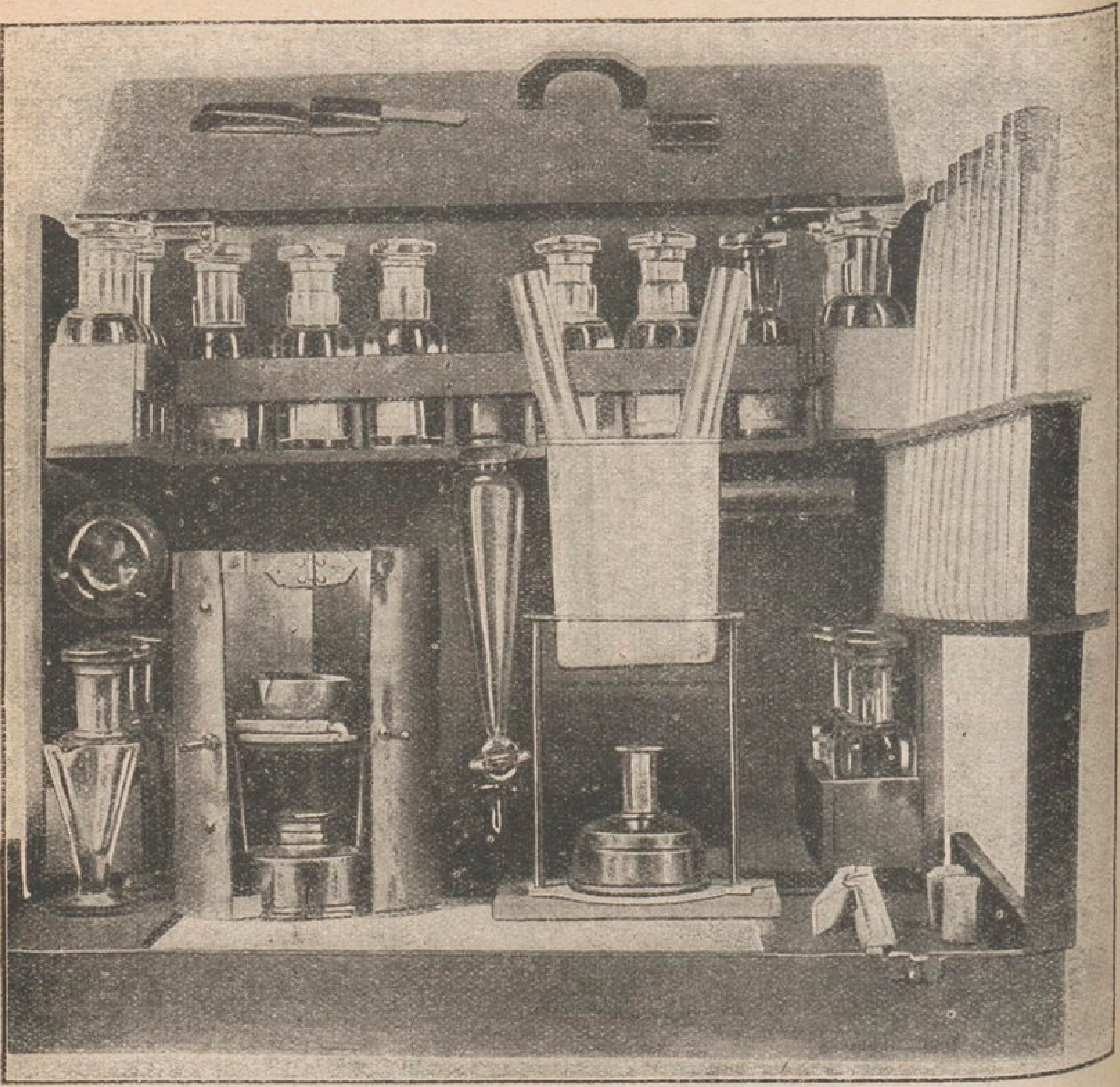
CONTROLE DE LA SALUBRITÉ DE L'AIR D'UN ATELIER A L'AIDE DU « SEAU »

Il suffit d'ouvrir le robinet du « seau » pour que, par écoulement d'eau, l'air soit aspiré à travers un ou plusieurs flacons laveurs de la batterie, munis des réactifs nécessaires. Chaque flacon est amovible et indépendant de l'autre. L'appareil permet de comparer simultanément plusieurs atmosphères suspectes. C'est ce qui a lieu ici. On remarquera, en effet, qu'un des flacons (1) est en communication par un tuyau en caoutchouc avec une autre atmosphère que celle de la pièce où est placé le « seau ».

Ajoutons enfin qu'après neutralisation totale de l'eau de baryte et du carbonate, le liquide s'éclaircit complètement, sauf si l'air étudié contenait des produits donnant lieu à la formation d'*acide sulfurique*, dans quel cas il serait décelé par la persistance d'un précipité. Le liquide peut être, en outre, utilisé séance tenante à la recherche des chlorures et aussi, s'il y avait lieu, à celle d'autres substances plus ou moins toxiques retenues par l'eau ou les alcalis.

Pour rechercher les autres gaz toxiques, notamment l'*oxyde de carbone*, l'hydrogène arsénié, le cyanogène ou l'acide prussique, les dérivés chlorés des carbures d'hydrogène, etc., etc., nous disposons également de dispositifs très simples et de réactifs très généraux.

On sait, par exemple, en ce qui concerne l'*oxyde de carbone*, que ce gaz, ainsi qu'un certain nombre de carbures d'hydrogène ou autres agissent sur l'*acide iodique* avec mise en liberté d'iode ; l'iode ainsi libéré est entraîné dans du chloroforme qui le fixe en donnant une solution plus ou



UN LABORATOIRE DE TOXICOLOGIE EN MINIATURE

Ce nécessaire portatif constitue un outillage très pratique ; il permet d'effectuer n'importe où les principaux essais chimiques intéressant les hygiénistes.

moins rouge violacé dont l'intensité de teinte indique, sous réserve des causes d'erreur, la dose d'oxyde de carbone.

C'est sur cette réaction, utilisée en premier par le professeur Armand Gautier, qu'ont été établis des appareils extrêmement pratiques destinés à déceler l'oxyde de carbone dans l'air.

Il importe surtout, dans des recherches de ce genre, de pouvoir donner les indications les plus variées, car l'acide carbonique et l'oxyde de carbone sont loin d'être les seuls gaz indésirables de l'air. Aussi a-t-on combiné toutes sortes de nécessaires ou de dispositifs permettant de répondre un peu à tous les cas, aussi variés qu'ils puissent se présenter.

Deux savants français, Albert Levy et Pecoul, avaient établi au Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris divers appareils portatifs extrêmement intéressants pour l'analyse de l'air. Il en est deux que l'on connaît surtout : l'un s'applique à la recherche de l'oxyde de carbone ; l'autre est destiné au dosage de l'acide carbonique dans l'air et fut utilisé au cours des recherches de la salubrité de l'air du Métropolitain. Après quelques modifications, nous avons réuni en un dispositif unique ces derniers appareils ; il permet d'effectuer l'analyse tout à fait générale des atmosphères confinées ou nocives. (Voir la figure à la page 389).

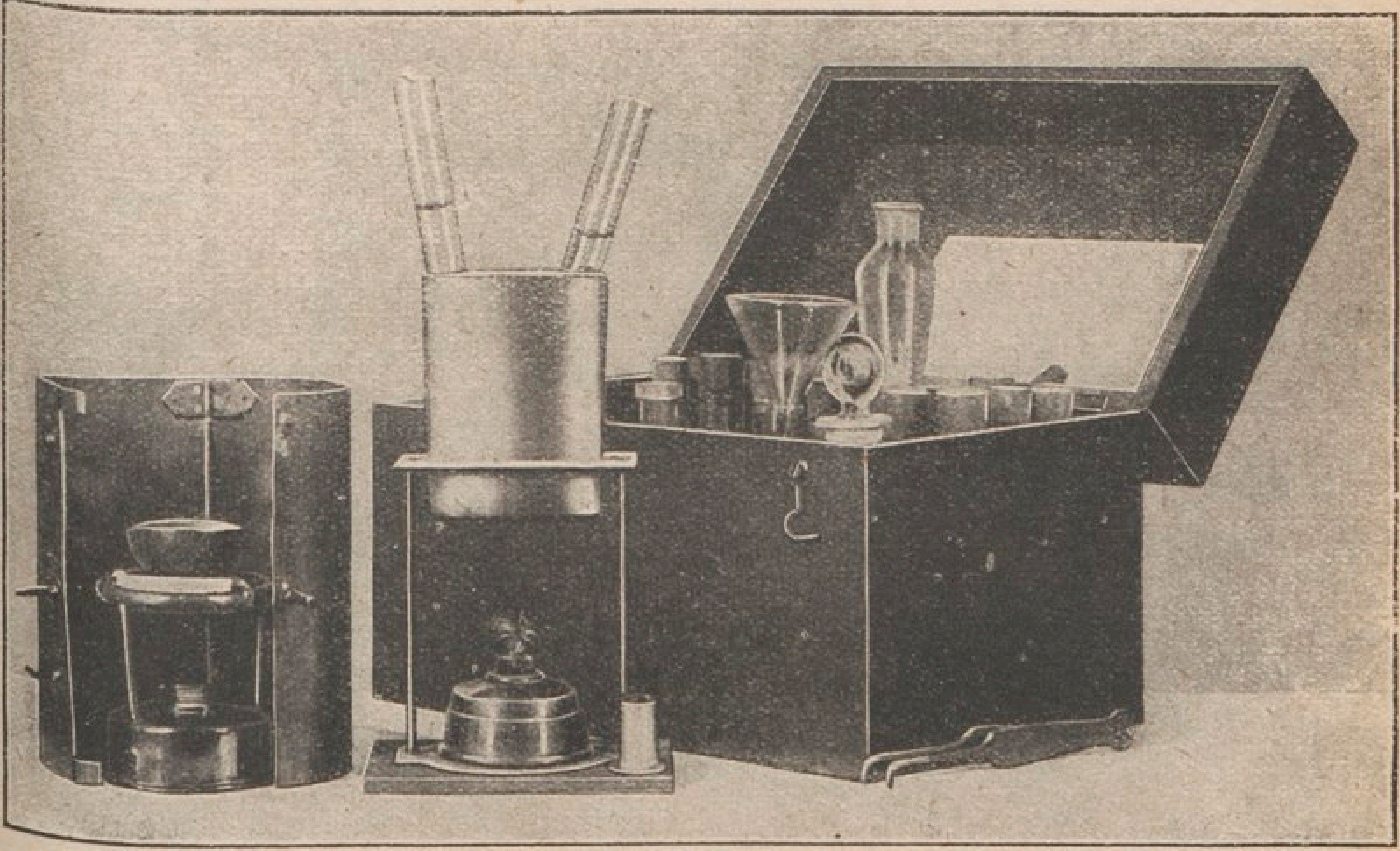
Dans cet appareil, l'air est aspiré à raison d'environ 1 litre en vingt minutes par écoulement d'eau à travers un

tube dans lequel on a versé 10 centimètres cubes d'eau de baryte (à titre connu) ; le réservoir à eau porte un indicateur de niveau qui permet de mesurer l'aspiration ; cette dernière est produite par l'écoulement d'eau distillée qui se trouve dans le réservoir. A la fin de l'opération, l'acide carbonique et les autres gaz acides seront dosés par le procédé au double « indicateur » ci-dessus décrit. A cet effet, on ajoute en fin d'expérience à la baryte quelques gouttes du réactif « indicateur » et on adapte après le tube une burette graduée dans laquelle on a introduit 20 centimètres cubes d'une solution d'acide nitrique (à 15 gr. 75 par litre). On ajoute de l'acide nitrique jusqu'à ce que l'on ait obtenu les deux virages successifs de la teinte de la baryte; le premier du rouge au jaune, le second du jaune au rose. Chaque centimètre cube d'acide nitrique qu'il faut employer pour passer de l'un à l'autre équivaudra à 2 c.c. 80 d'acide carbonique.

Après son aspiration à travers la baryte, l'air passe dans un tube garni d'acide iodique chauffé vers 100° ou, selon les cas, d'abord à travers un barboteur spécial muni de nitrate d'argent qui retiendra, en permettant de les déceler aisément, divers autres gaz qui agiraient comme l'oxyde de carbone sur l'acide iodique.

L'iode mise en liberté par l'action de l'oxyde de carbone sur l'acide iodique, est entraînée petit à petit dans du chloroforme placé dans le tube droit que l'on distingue sur la figure, en donnant une coloration plus ou moins violacée.

Mais ce procédé de recherche de l'oxyde de carbone laisse, je le répète, place à quelques incertitudes, surtout lorsqu'il est effectué par des personnes qui ne sont pas très averties. Aussi, vu l'importance extrême de cette recherche, je préfère de beaucoup le procédé qui donne toute certitude et met en jeu l'action spécifique de l'oxyde de carbone sur le *sang*.



VUE SOUS UN AUTRE ASPECT DU LABORATOIRE PORTATIF DE TOXICOLOGIE

On sait que l'oxyde de carbone, qui peut être produit par n'importe quelle combustion plus ou moins défectueuse des composés carbonés, est un poison du sang. L'hémoglobine le fixe promptement, même lorsqu'il est très dilué dans de l'air, par exemple à 1/10.000e ou 1/15.000e. Une fois fixé sur les globules du sang, l'oxyde de carbone n'en est déplacé par l'oxygène qu'avec lenteur. Il « tue », en quelque sorte, les globules.

On a tiré de cette action néfaste l'avantage, tout au moins relatif, de pouvoir déceler la présence de l'oxyde de carbone dans l'air et de le doser.

Afin de faire comprendre entièrement le principe de cette méthode de recherche

à la fois très simple et sensible, j'expliquerai qu'en se fixant sur le sang, l'oxyde de carbone se combine à l'hémoglobine pour former de la carboxyhémoglobine, composé stable dont on peut déceler la présence avec certitude par un examen spectroscopique très facile à exécuter.

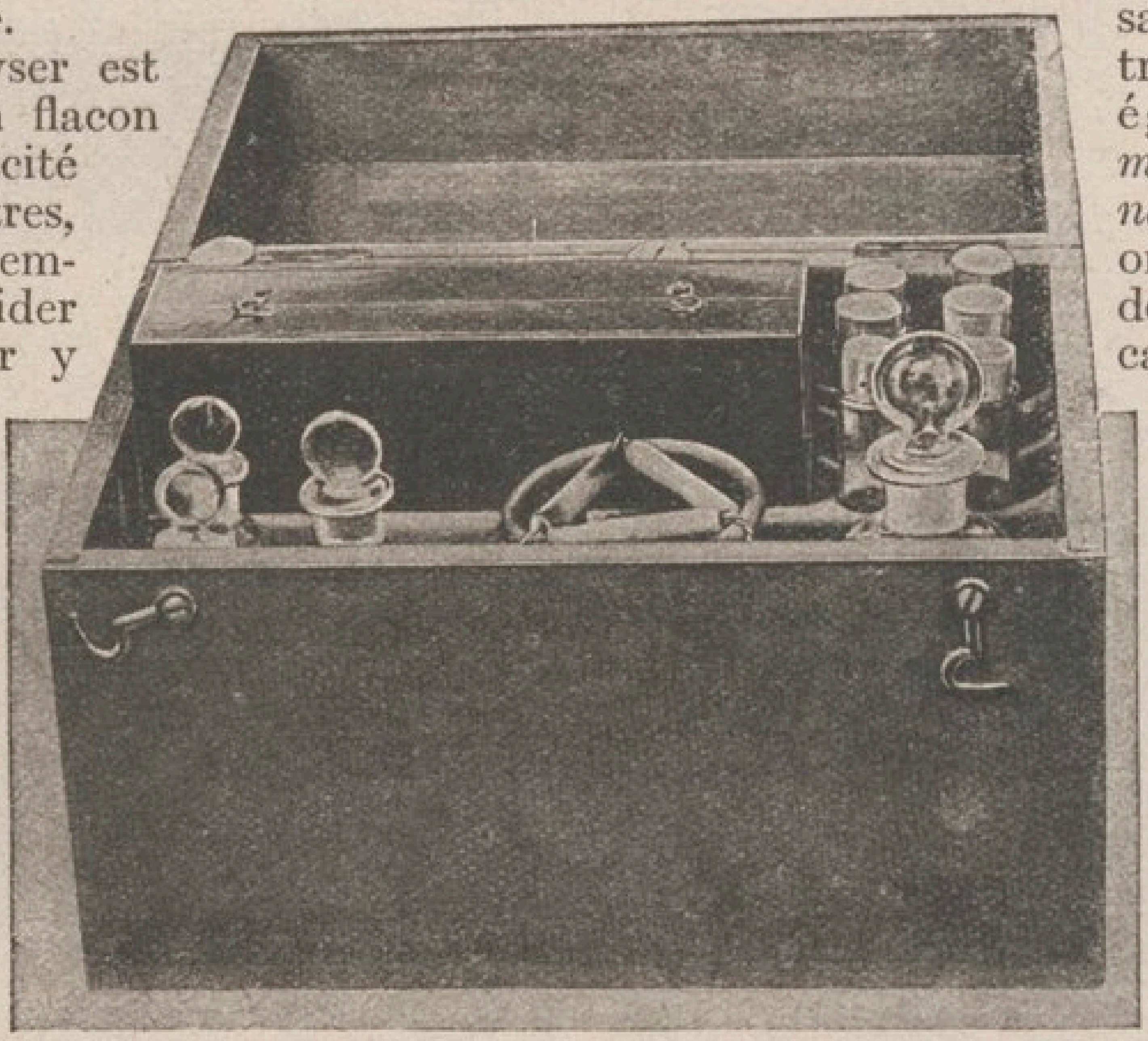
Il ne reste plus qu'à appliquer ces données à la recherche de l'oxyde de carbone dans l'air. Rien ne sera maintenant plus facile à comprendre : il suffira de se reporter à la figure de la page 391, qui représente le nécessaire portatif combiné pour cette recherche intéressante.

L'air à analyser est recueilli dans un flacon ayant une capacité de quatre litres, qu'il suffit de remplir d'eau et de vider sur place pour y recevoir l'air suspect. Après avoir éliminé l'oxygène à l'aide d'une solution d'*hydrosulfite* de soude préparée peu de temps avant son emploi et rétabli avec de l'eau la pression atmosphérique dans le flacon, on déplace lentement le gaz en le faisant passer à travers 15 centimètres cubes d'une solution aqueuse à 1 pour 100 du sang d'un animal quelconque (porc, bœuf, etc.) introduite dans un tube en serpentin muni d'un robinet. Au cours de son passage, le gaz désoxygéné cèdera au sang les traces d'oxyde de carbone.

A des intervalles convenables, indiqués par des graduations au flacon, on prélève quelques gouttes de la solution sanguine pour en faire l'examen spectroscopique. La lecture du volume d'air qu'il a été nécessaire de déplacer, pour communiquer au sang les caractères spectroscopiques du sang oxycarboné, donne exactement la proportion de ce gaz dans l'air. Elle est d'ailleurs portée sur la graduation volumétrique du flacon.

Le dispositif adopté permettrait, si le déplacement de l'air s'effectuait par du mercure, d'y déceler 1/20.000e (volumes) d'oxyde de carbone. Mais en employant l'eau, la sensibilité est moindre et se limite à 1/12.000e. Elle suffit cependant dans la presque totalité des cas.

On se demandera pourquoi il faut priver l'air d'oxygène, grâce à l'hydrosulfite de soude, avant de le déplacer à travers la solution sanguine. Cette précaution est indispensable si l'on veut une sensibilité suffisante, car l'oxygène tend à s'opposer à la fixation de l'oxyde de carbone par le sang. Toutes autres conditions égales d'ailleurs, *mais sans élimination d'oxygène*, on ne pourrait plus déceler l'oxyde de carbone s'il y en avait moins de 1/1.500e dans l'air. Cette sensibilité serait insuffisante au point de vue de l'hygiène.



NÉCESSAIRE SPÉCIAL POUR L'EXAMEN RAPIDE DES PEINTURES A BASE DE BLANC DE ZINC

Il existe, pour la recherche et le dosage de l'oxyde de carbone et des gaz explosibles : hydrogène, grisou, etc., encore d'autres appareils parmi lesquels je citerai notre grisoumètre à mercure, qui a rendu quelques services. (Figure à la page 392).

Je pourrais m'étendre encore longuement sur ce sujet. Il existe un grand nombre d'autres appareils dont beaucoup sont extrêmement intéressants. L'oxyde de carbone est, en effet, un de nos grands ennemis : disséminé partout, sans compter les dangers d'asphyxie à domicile, il est la cause d'une foule de maladies professionnelles chez tous ceux qui sont appelés à séjourner en permanence près de foyers en combustion, dans les fumées, ou même seulement dans le trajet du gaz d'échappement des moteurs à essence, où il y a parfois beaucoup plus d'oxyde de carbone que d'acide carbonique.

C'est qu'en effet, les doses d'oxyde de

carbone contenues dans les produits de la combustion sont susceptibles de très fortes variations dépendant de divers facteurs comme la pression atmosphérique, le vent, l'état hygrométrique, et surtout la qualité du combustible employé ou le mode de conduite du feu.

Voici, à titre d'exemple, quelques chiffres résultant d'analyses minutieuses que j'ai effectuées jadis sur les produits de combustion d'un poêle à marche réglable.

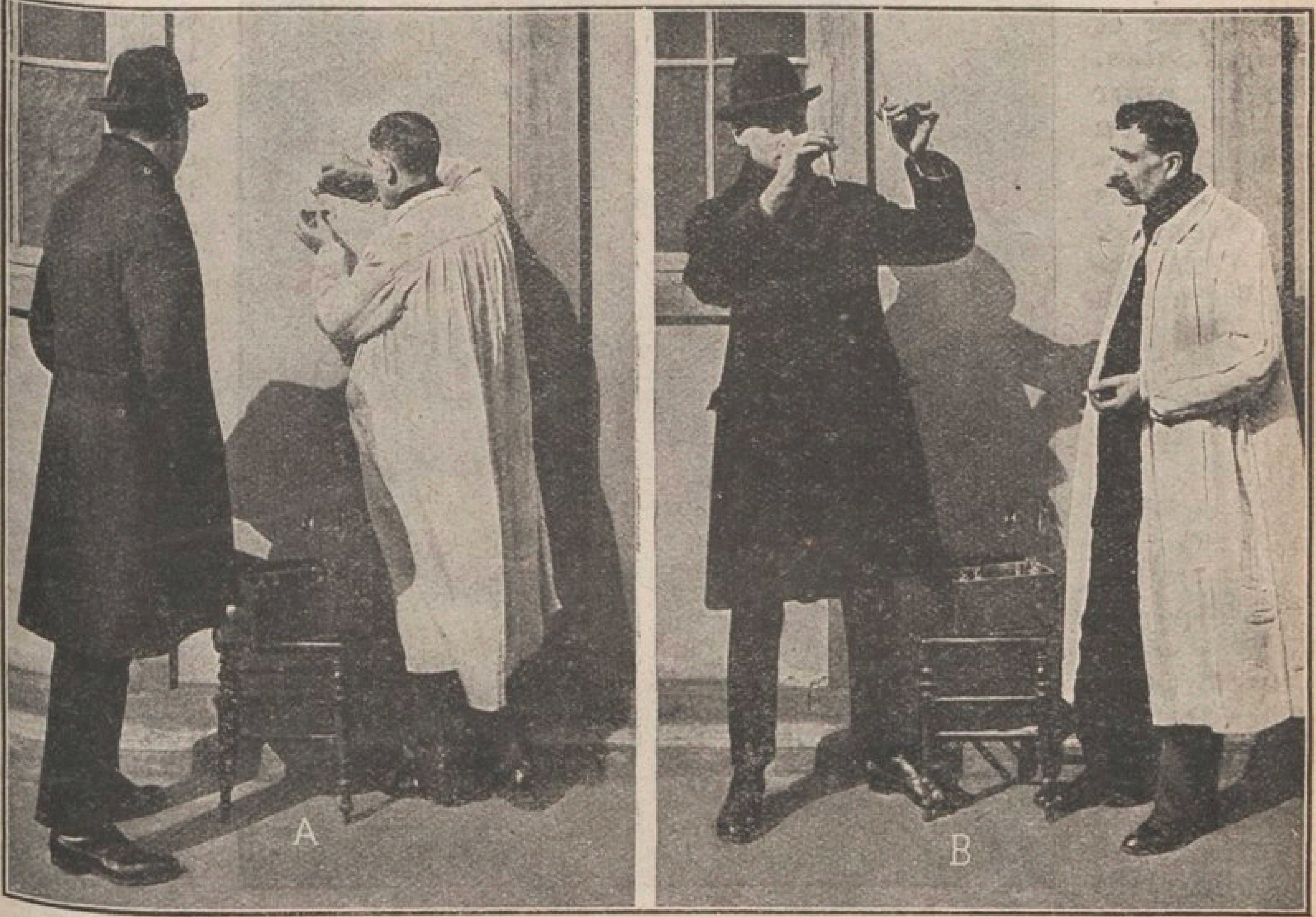
Le poêle brûlant à *marche vive* (*tirage normal*), j'ai obtenu, pour 100 volumes, 17,25 d'acide carbonique (houille grasse pour calorifère et tout-venant).

Le poêle brûlant à *marche lente* (*tirage réduit*) la proportion, pour 100 volumes, a été la suivante : 10,58 d'acide carbonique pour le charbon maigre genre anthracite, et 13,93 pour la houille grasse pour calorifère et le tout-venant.

Morale : il ne faut pas faire de feu chez soi sans évacuer les produits de combustion directement par une bonne cheminée.

Nous devons encourager la poursuite de toutes recherches ayant pour objet de doter les hygiénistes d'instruments aussi simplifiés que possible en vue des opérations diverses de contrôle, qui seront effectuées sur place. Ceux qui viennent d'être décrits constituent, certes, un progrès réel, mais, à divers points de vue, ils peuvent paraître un peu trop « scientifiques », si j'ose m'exprimer ainsi. Afin de permettre un essai rapide de l'atmosphère, il serait bon d'avoir quelque chose qui puisse, sinon se mettre dans la poche, du moins, être aussi peu encombrant que possible. C'est dans cet ordre d'idées que nous avons conçu un appareil léger, *sorte de seau*, avec lequel on vérifie facilement quel est le degré de solubilité de l'atmosphère. Le dosage de l'acide carbonique s'effectue avec lui, comme il a déjà été indiqué.

Mais, quel que soit le progrès accompli dans l'élaboration de dispositifs de ce genre, on devra toujours prévoir... l'imprévu, et être à même de procéder sur place à tous les essais complémentaires imposés par les circonstances. Par exemple, parmi la liste des professions insalubres, il y a celles où l'air peut renfermer



EXAMEN SUR PLACE DES PEINTURES EN BATIMENTS SUSPECTES

A. *Il suffit de gratter un peu de peinture et de la calciner.* — B. *Si les cendres disparaissent dans le réactif ammoniacal (tube de gauche), il n'y a pas de plomb; si, au contraire, elles ne disparaissent pas (tube de droite), le procès-verbal est imminent.*

non seulement des impuretés gazeuses, mais aussi des vapeurs ou des parcelles métalliques toxiques, soit du *mercure*, des *poussières plombiques* et *arsenicales*. Aussi, pour effectuer un contrôle hygiénique dans ces divers cas, faut-il un matériel un peu spécial et parfois même un véritable laboratoire transportable.

Nous avons combiné un laboratoire minuscule de ce genre, dit : *nécessaire pour analyses toxicologiques*, qui sert un peu « à toutes les sauces » et dont le poids n'excède pas 2 ou 3 kilogrammes.

Prenons, par exemple, le cas du « secrétage des poils » en chapellerie. Cette opération consiste dans le traitement des poils de lapin par les « secrets », qui ne sont autres que des nitrates acides de mercure, en vue de leur donner les propriétés feutrantes. Cette industrie, si bien étudiée par M. Bellot, inspecteur du travail, serait, sans l'observation de précautions spéciales, fort dangereuse, car au cours du travail se dégagent des vapeurs *nitreuses*, parfois des *poussières mercurielles* et de l'oxyde de carbone. Il est donc bon d'avoir, en vue de l'étude de l'atmosphère, un nécessaire toxicologique un peu plus complet que celui indiqué plus haut.

On pourrait citer bien d'autres cas. En voici un typique : la loi a interdit l'emploi de la céruse (hydrocarbonate de plomb) dans les peintures en bâtiments. Il serait facile de vérifier si les règlements qui imposent dans certains cas la substitution du *blanc de zinc* à la *céruse*, sont appliqués. A cet effet, on utiliserait une réaction très simple : les oxydes de zinc sont solubles dans l'ammoniaque en présence de sels ammoniacaux (chlorhydrate et carbonate); les sels de plomb, au contraire, y sont insolubles. Il suffit donc de gratter un peu de peinture, de la calciner (en présence d'un peu de nitrate d'ammoniaque, qui facilite l'opération), de peser quelques décigrammes des cendres et de les traiter par le réactif ammoniacal. Si tout se dissout, il n'y a pas de plomb. S'il reste un résidu insoluble, on l'évalue approximativement et on en vérifiera très facilement la nature en quelques minutes.

L'OPÉRATION DU « SECRÉTAGE DES POILS »

Elle est pratiquée pour la fabrication du feutre et présente de sérieux dangers pour les ouvriers. En effet, les peaux de lapin, imprégnées du « secret » (nitrate acide de mercure), sèchent à la flamme d'un brasero. Fort heureusement que ce genre d'installation, par trop rudimentaire, tend de plus en plus à disparaître.

J'arrêterai là cet aperçu des procédés permettant d'étudier le degré de salubrité ou de nocivité de l'air. L'application de la chimie toxicologique à cette partie de l'hygiène s'est, comme aux autres, traduite par des améliorations dont l'intérêt ne saurait plus aujourd'hui échapper à personne.

E. KOHN-ABREST.

DES WAGONS QUI ROULERONT SUR DES VOIES DE TOUTE LARGEUR

On sait que les wagons de chemin de fer ne peuvent circuler que sur des voies dont l'écartement des rails est précisément égal à la longueur de leurs essieux, c'est-à-dire à l'écartement de leurs roues. Créés pour une voie d'un écartement donné, ils ne sauraient s'adapter à un autre écartement. Or, M. N.-L. Rupin vient d'inventer un matériel pouvant circuler sur des voies de différentes largeurs, leurs essieux et la suspension se modifiant automatiquement en passant d'une voie à une autre, pour s'adapter toujours à l'écartement des rails. Son wagon est muni d'essieux extensibles et les organes de suspension sont reliés à des plates-formes spéciales, installées latéralement sous un châssis principal et pouvant glisser sous lui, pour se rapprocher ou s'éloigner d'une égale quantité de part et d'autre de l'axe longitudinal du wagon. Chaque essieu se compose en réalité de deux demi-essieux assemblés en leur milieu par un dispositif spécial permettant aux deux extrémités du milieu de l'essieu de coulisser l'une dans l'autre d'une quantité maximum que limite un système de bielles articulées. Une clavette longitudinale, logée dans une rainure ménagée dans les parties de l'essieu qui coulissent l'une dans l'autre, guide l'extension variable des deux tronçons de l'essieu et évite en même temps tout mouvement de torsion ou d'excentrage des plans de rotation des roues calées sur le même essieu

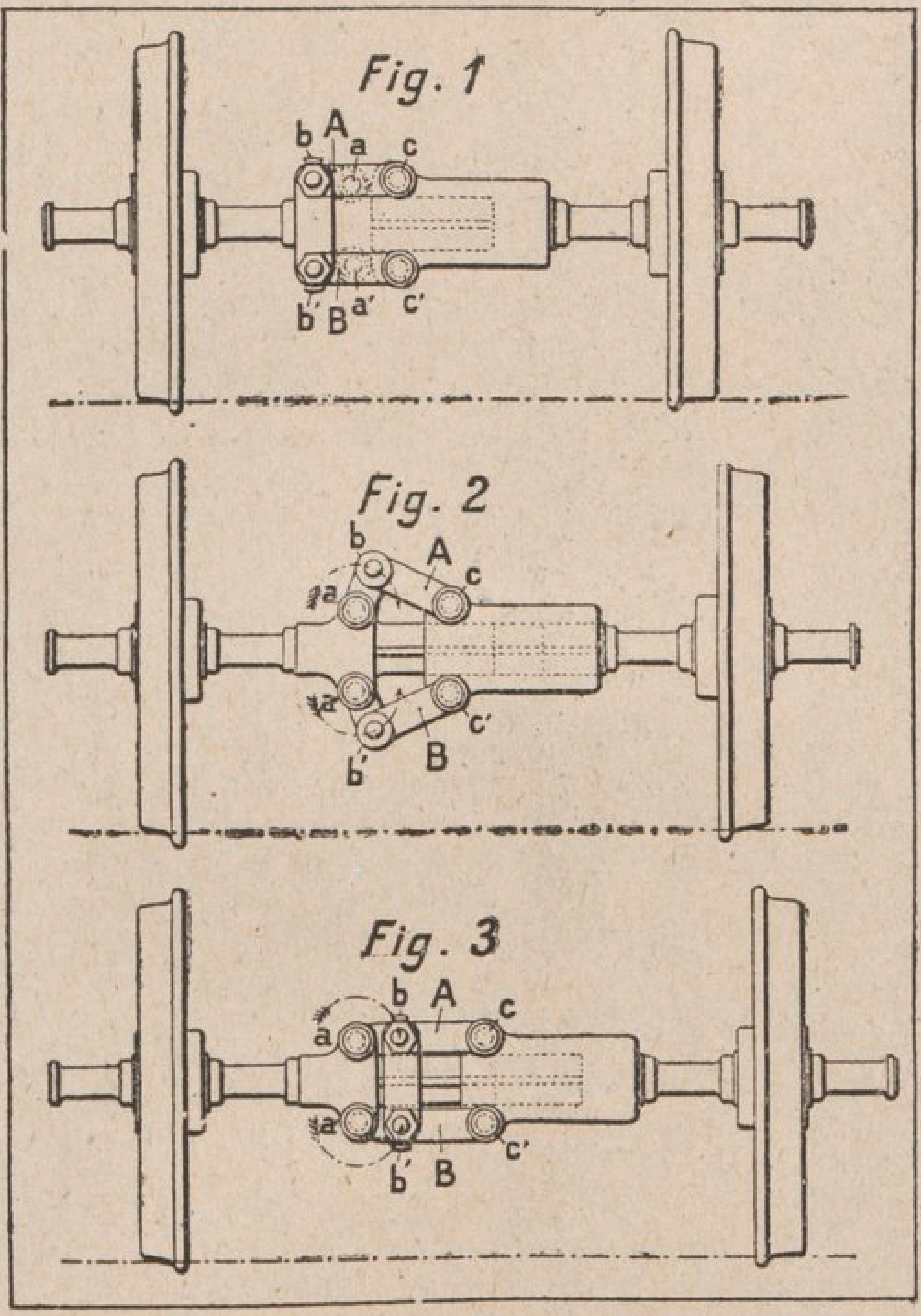
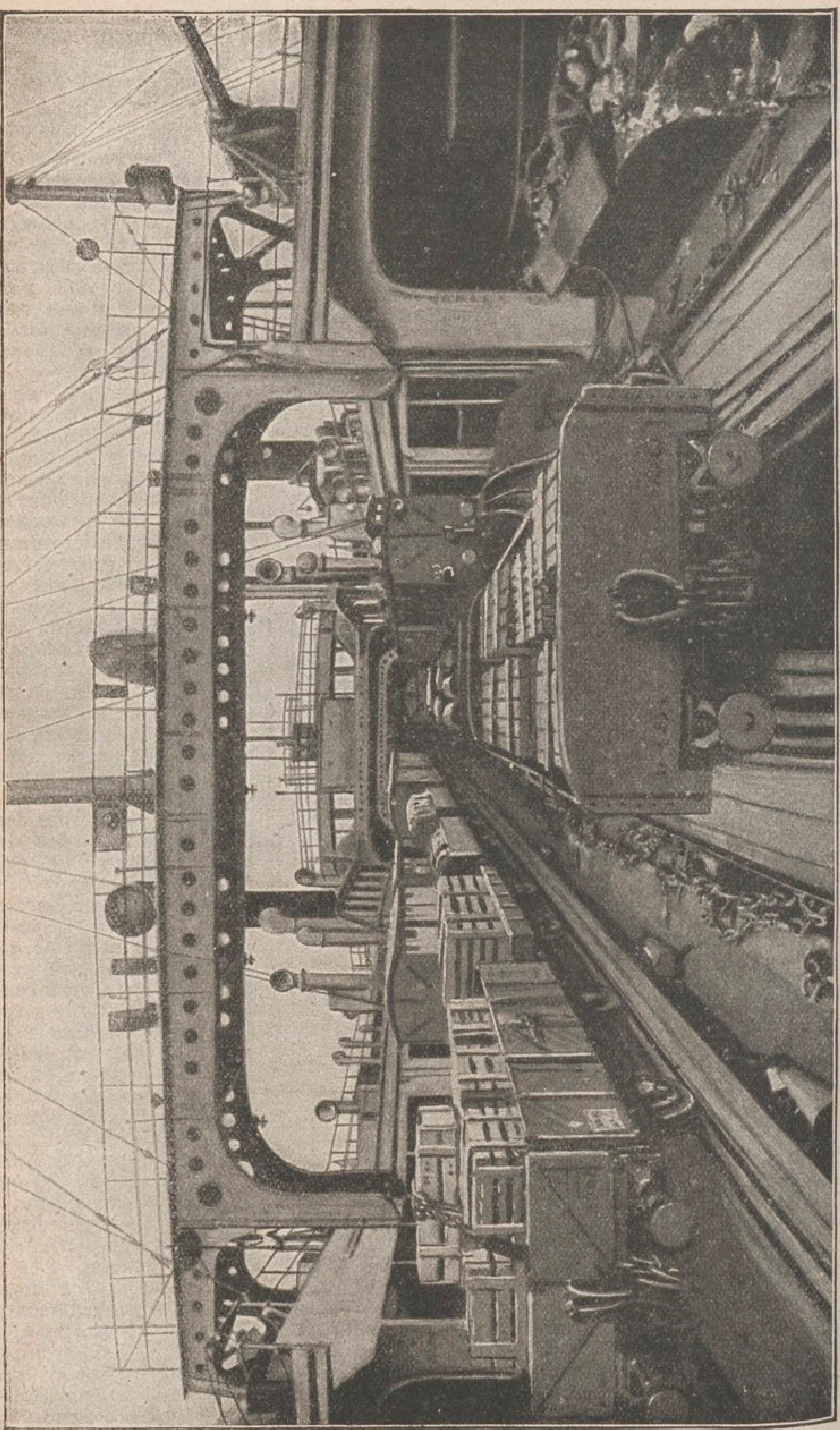


SCHÉMA DES ESSIEUX EXTENSIBLES DE M. RUPIN

La figure 1 montre les deux demi-essieux rentrés à fond de course l'un dans l'autre, pour la voie la plus étroite; les bielles A, B, *articulées en* a, b, c, a', b', c' *sont alors rabattues dans la position la plus courte. Sur la figure 2, les demi-essieux sont écartés d'une certaine quantité et sur la figure 3, les bielles apparaissent complètement développées pour permettre l'écartement maximum.*

Quand un wagon doit passer d'une voie sur une autre, par exemple de moindre écartement, il convient d'abord de lui faire franchir une section de raccordement dont la largeur passe régulièrement et progressivement de la valeur du premier à celle du second. Les rails de ce tronçon de voie sont munis de contre-rails extérieurs et intérieurs qui appuient sur les faces externes et internes des bandages de roues, ce qui a pour résultat d'obliger les centres de roue d'un même essieu à se rapprocher l'un de l'autre. Cette pression des contre-rails est également transmise par des tourillons aux plates-formes de suspension, qui se rapprochent progressivement de l'axe longitudinal du wagon. L'essieu est donc raccourci de la différence des deux écartements de voie lorsque la section de raccordement est franchie. Pour passer d'une voie étroite à une voie large, c'est évidemment l'inverse qui se produit. L'examen des dessins permet facilement de saisir le mécanisme de ce dispositif.



PONT PRINCIPAL D'UN DES FERRY-BOATS DE LA LIGNE RICHBOROUGH-CALAIS, TRANSPORTANT DU MATÉRIEL DE GUERRE

Pendant l'année 1918, 18.000 wagons chargés de matériel de guerre et de chemin de fer sont passés d'Angleterre en France sans transbordement. On a pu expédier ainsi directement de l'usine à leurs emplacements de batterie, ou à leurs dépôts, des obusiers de 305 millimètres et des locomotives pesant 90 tonnes.

L'AVENIR DES FERRY-BOATS EN EUROPE

Par Jean-François GRIDEL

ANCIEN ATTACHÉ AU SERVICE DES CONSTRUCTIONS NAVALES

Le problème de la traversée d'un fleuve très large ou d'un bras de mer par une voie ferrée peut, en général, être résolu par la construction d'un pont. C'est ce qui a eu lieu en France, à telle enseigne que nous n'avons pas de mot pour désigner les bateaux spéciaux, qui sont d'un emploi actuellement si répandu, pour transporter les véhicules de chemin de fer au delà des grands fleuves des lacs ou des détroits dans de nombreux pays de l'Ancien et du Nouveau Monde : États-Unis, Canada, Danemark, Suède, Italie, etc.

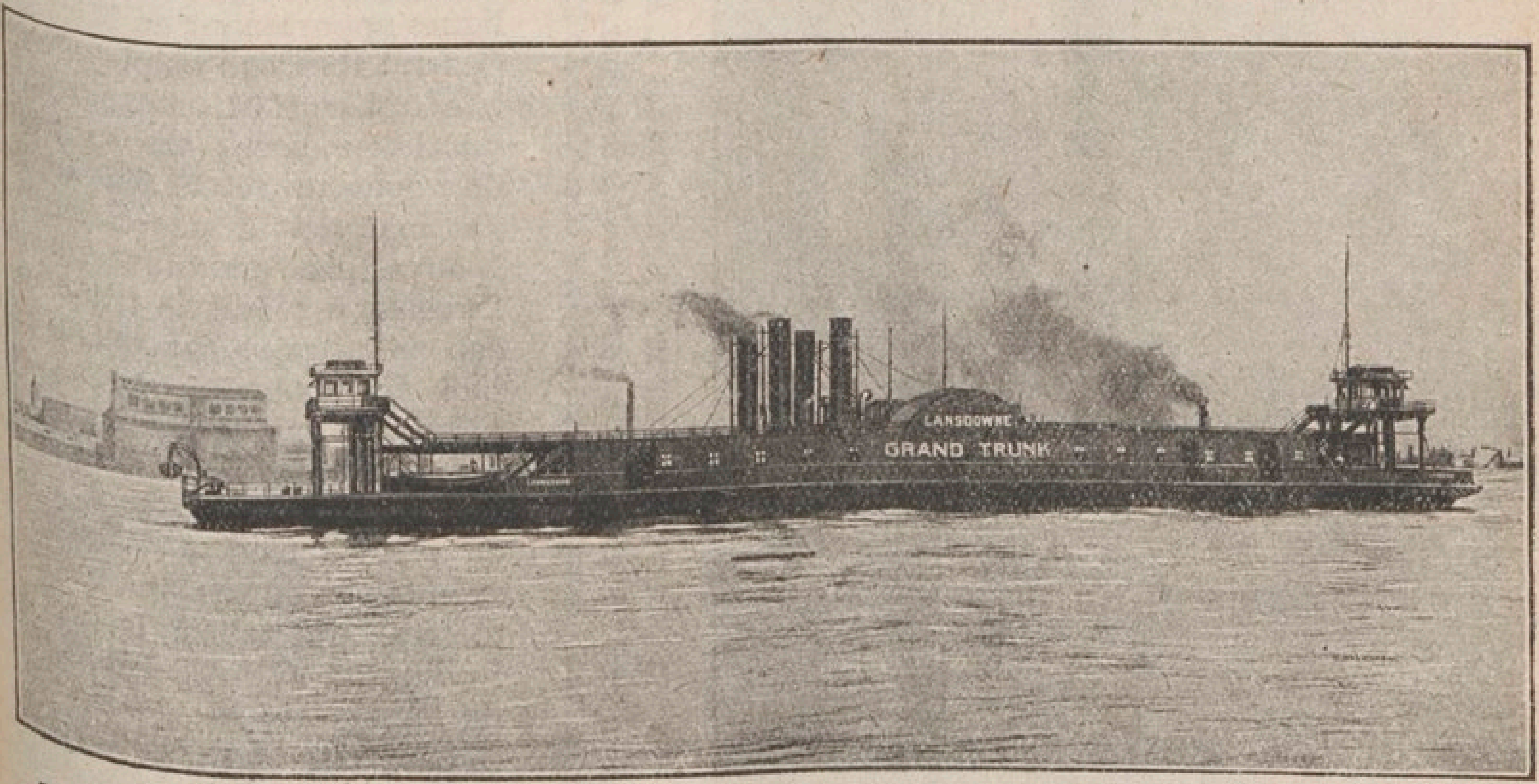
C'est en Ecosse que fut faite, en 1852, la première tentative pour transporter un train sur un bac pour la traversée de deux bras de mer importants : le Firth of Tay (1 kilomètre) et le Firth of Forth (8 kilomètres). A cette époque remonte l'origine du mot anglais ferry-boat généralement adopté pour désigner les bateaux porte-trains.

Ces deux lignes rendirent de grands services pendant une trentaine d'années, puis, grâce aux progrès de l'art de l'ingénieur, elles purent être remplacées par de magnifiques ponts dont l'un, celui du Forth, comporte la plus grande arche métallique du monde car elle a 521 mètres d'ouverture. Puis ce fut tout pour l'Angleterre, et nous verrons plus loin qu'il fallut la Grande Guerre pour que l'on songeât, de l'autre côté du détroit, à utiliser ces bateaux si commodes dont les chantiers navals anglais avaient pourtant fourni de beaux et nombreux spécimens au monde entier depuis soixante ans.

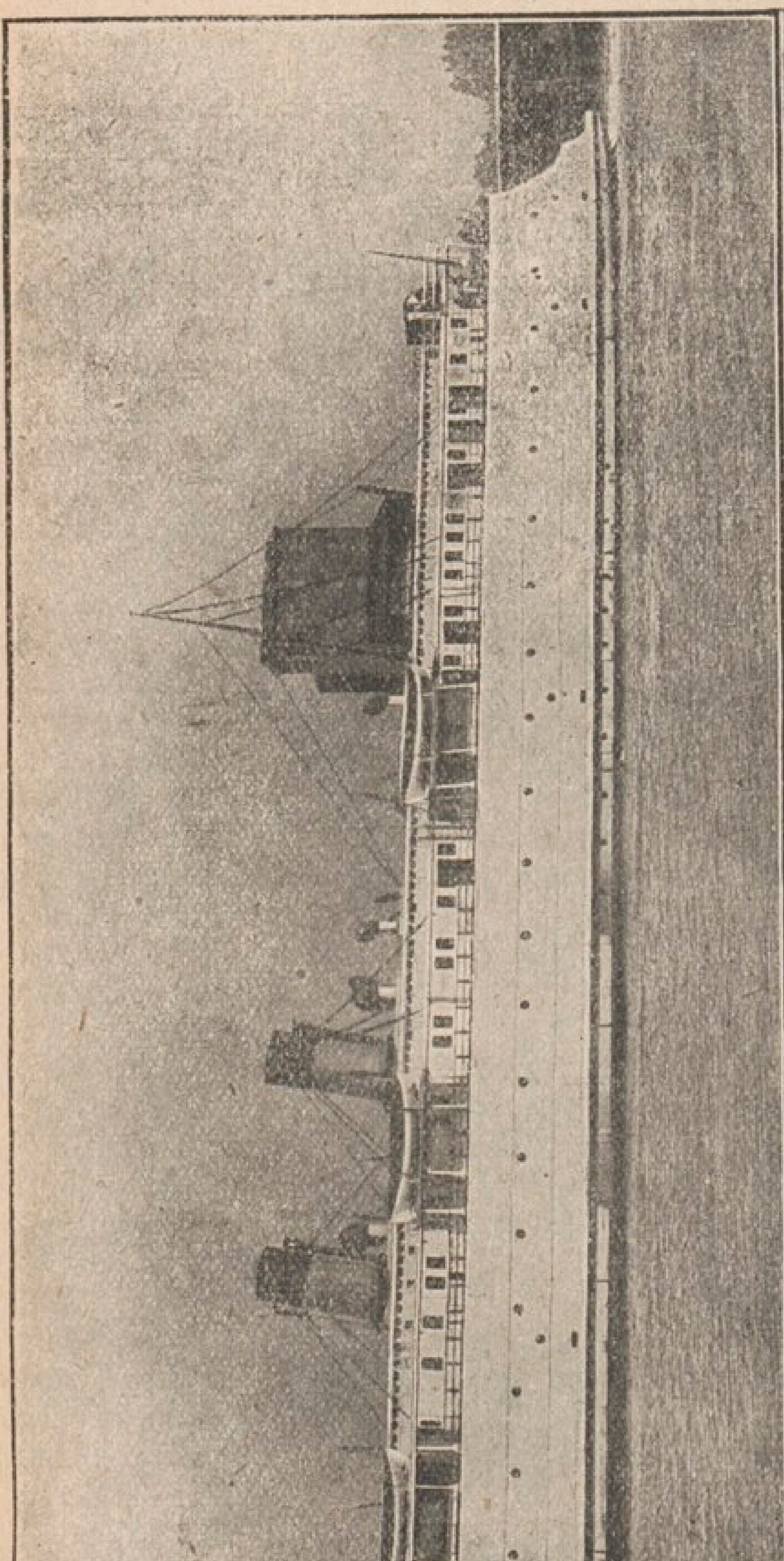
Comme beaucoup d'autres créations européennes, cette invention dut faire son tour d'Amérique avant de connaître le grand succès dans les pays scandinaves, en Russie, etc...

Laissant de côté le matériel fluvial, nous décrirons surtout les porte-trains destinés aux longues traversées sur les grands lacs ou sur des mers peu étendues comme la Baltique, en vue d'exposer les applications auxquelles ce système de transport est susceptible de donner lieu pour l'amélioration des relations commerciales internationales de la France et des autres puissances de l'Entente.

En effet, les administrations de chemin de fer américaines exploitent un pays sillonné par des fleuves importants et qui comporte également un très imposant groupe de lacs. Elles ont, par conséquent, été obligées de recourir à l'emploi des ferry-boats pour faire franchir ces obstacles naturels à leurs trains, étant donnée l'impossibilité absolue de construire des ponts sur les longueurs formi-



LE BATEAU PORTE-TRAINS « LANSDOWNE » DU « GRAND TRUNK RAILWAY » CANADIEN



LE FERRY-BOAT « MILWAUKEE », APPARTENANT AU CHEMIN DE FER CANADIEN « GRAND TRUNK RAILWAY »

Ce magnifique bâtiment, qui a 107 mètres de longueur, transborde les trains entre Milwaukee et Grand Haven, sur le lac Michigan. Cette gare en miniature offre aux passagers vitesse, sécurité et confort. Le Milwaukee est un navire à deux hélices jumelles qui fournit une vitesse de 17 nœuds en service.

dables qu'il s'agissait de franchir sans dépenses exagérées.

Ces circonstances font que les Etats-Unis possèdent le plus beau réseau de ferry-boats du monde, car il existe actuellement, dans ce vaste pays, au moins 600 ferries ayant une capacité de transport d'environ 6.000 grands wagons à marchandises de quarante tonnes.

L'exploitation de ces navires, commencée depuis longtemps, a quelquefois été supprimée partout où on a pu construire des ponts. Elle a repris une grande intensité depuis que les progrès de la métallurgie et des constructions navales ont permis de lancer des porte-trains de fort tonnage, en acier, qui offrent aux voyageurs un grand confortable et qui les transportent à grande vitesse à travers de larges étendues d'eau comme les lacs Michigan, Erié, Ontario.

L'emploi des porte-trains sur les Grands Lacs a pris un développement considérable et dans cette région on a créé de nombreuses lignes desservies par de véritables navires capables d'accomplir de longues traversées.

Les premiers services servaient à assurer la traversée des rivières Detroit (Windsor à Detroit) et Saint-Clair (port Huron à Sarnia). La première de ces lignes appartenant au Michigan Central Railroad employait dix bacs qui, en 1907, transportaient quotidiennement trente trains de voyageurs et 71.000 tonnes de matériel à marchandises. L'ouverture de tunnels sous-fluviaux a réduit le trafic qui, cependant, nécessite encore l'emploi des deux cinquièmes environ de l'ancienne flotte.

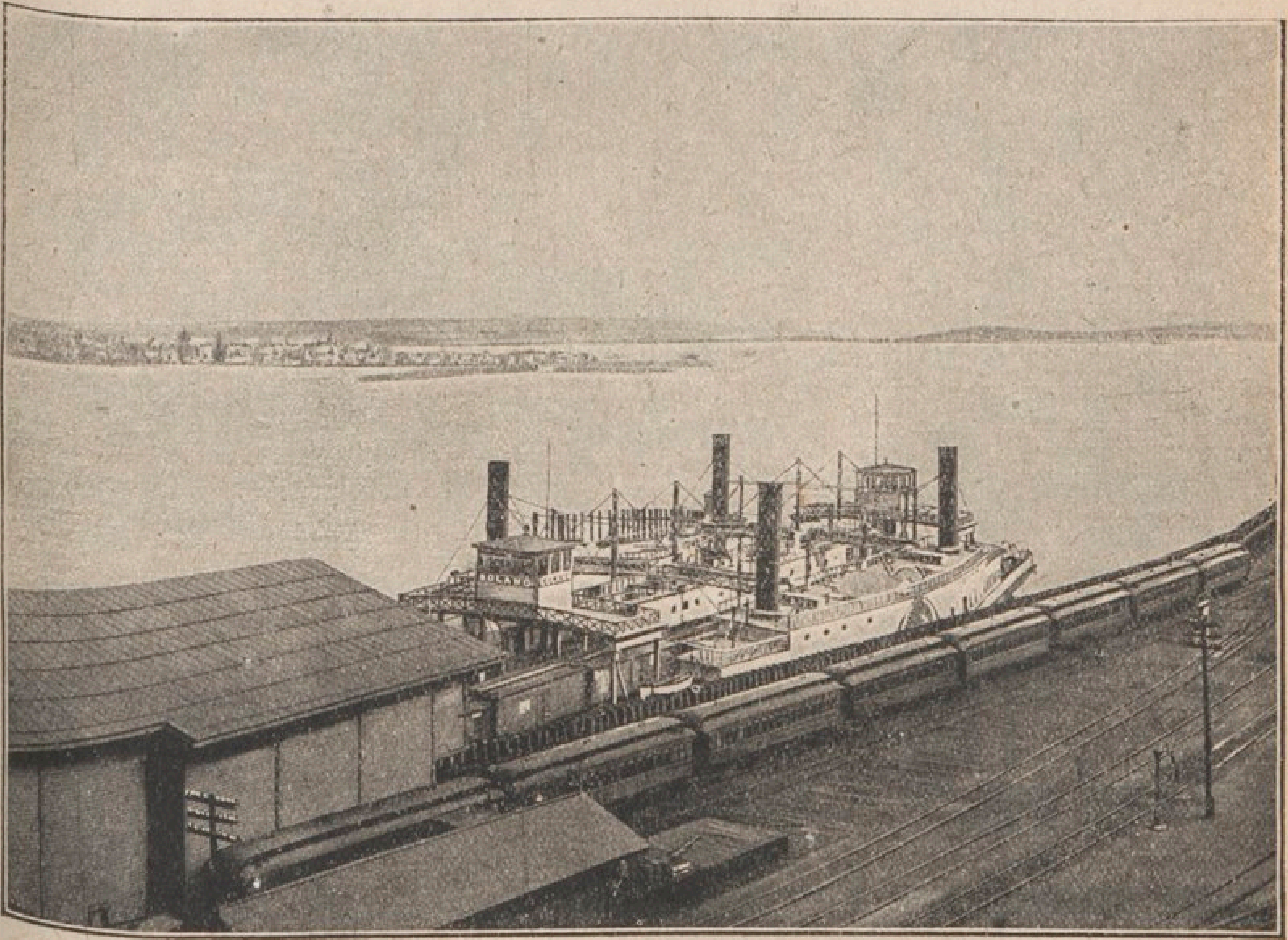
La Compagnie du Chemin de fer Père Marquette R.R. a mis en service cinq ferry-boats à grands parcours (100 à 160 kilomètres), qui relient le port de Ludington (Michigan) à ceux de Milwaukee et de Manistee (Michigan). Ce sont de grands navires à deux hélices jumelles, longs de 107 mètres, qui trans-

portent trente wagons à marchandises de 50 tonnes. Les voyageurs qui désirent descendre de wagon effectuent la traversée dans des cabines situées sur le spardeck ou superstructure dominant le pont principal.

Parmi les autres lignes analogues, citons celles qui rayonnent de Frankfort (Ann Arbor Railroad) et celle de Milwaukee à Grand Haven (156 kilomètres), exploitée par le Grand Trunk Railway Canadien et desservie par des ferries ayant coûté plus de

dont le pont a reçu quatre voies et qui peut embarquer trente véhicules de 11 mètres. Les trois cales du *Henry-M. Flager* peuvent recevoir une cargaison de 1.000 tonnes d'oranges, de bananes, d'ananas, etc... Au cas où le bâtiment navigue à vide, deux puissantes pompes centrifuges permettent d'embarquer, en soixante-quinze minutes, soit 3.000 tonnes d'eau pour ballast, soit des mélasses de canne à sucre qui paient un fret.

Ce beau bâtiment assure un service mari-



LE FERRY-BOAT « SOLANO » APPARTENANT AU « SOUTHERN PACIFIC RAILROAD »
Les trains venant de l'Est sont ainsi transbordés vers San Francisco à travers la baie.

2.500.000 francs avant la guerre. Malgré les tempêtes violentes qui se déchaînent quelquefois sur ces lacs, on n'a eu à déplorer qu'un seul accident grave sur une ligne ne transportant que des marchandises.

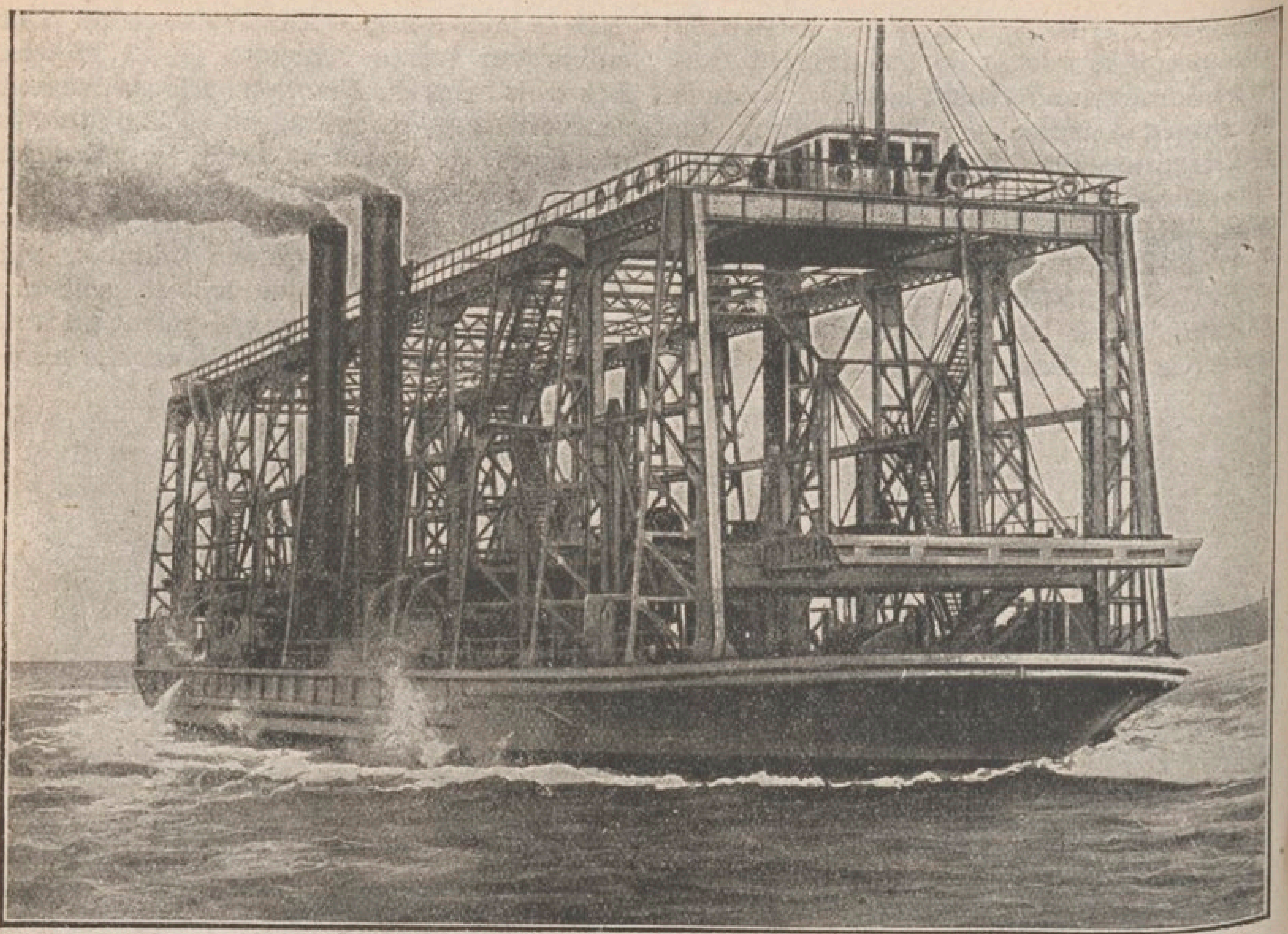
Un important service de transport de minerais est assuré à travers le lac Erié par des cars ferries circulant entre Conneaut Harbor (Ohio), Rondeaut et Port Stanley (Ohio), une autre ligne analogue joint Cobourg (Ontario) à Rochester (N. Y.).

Les chantiers William Cramp & Sons, de Philadelphie (Pensylvanie) ont livré à la Compagnie des Chemins de fer de la Côte Orientale de la Floride un porte-trains de 110 mètres de long et de 17 mètres de large,

time régulier entre Key West et la Havane sur une distance d'environ 161 kilomètres, qui est parcourue couramment en huit heures.

Jusqu'à présent, le plus grand navire porte-trains du monde paraît être le *Contra-Costa*, construit par la Compagnie de Chemins de fer américaine Southern Pacific Railroad, dans son chantier naval de West Oakland, pour transborder des trains entre Port Costa et Benicia (Californie) à travers le détroit de Carquinez. Ce grand navire à roues, large de 20 mètres, représenté ci-dessus, porte quatre voies longues de 128 mètres, pouvant recevoir au total deux locomotives et trente-six wagons à boggies.

Dans les mêmes parages, le chemin de fer



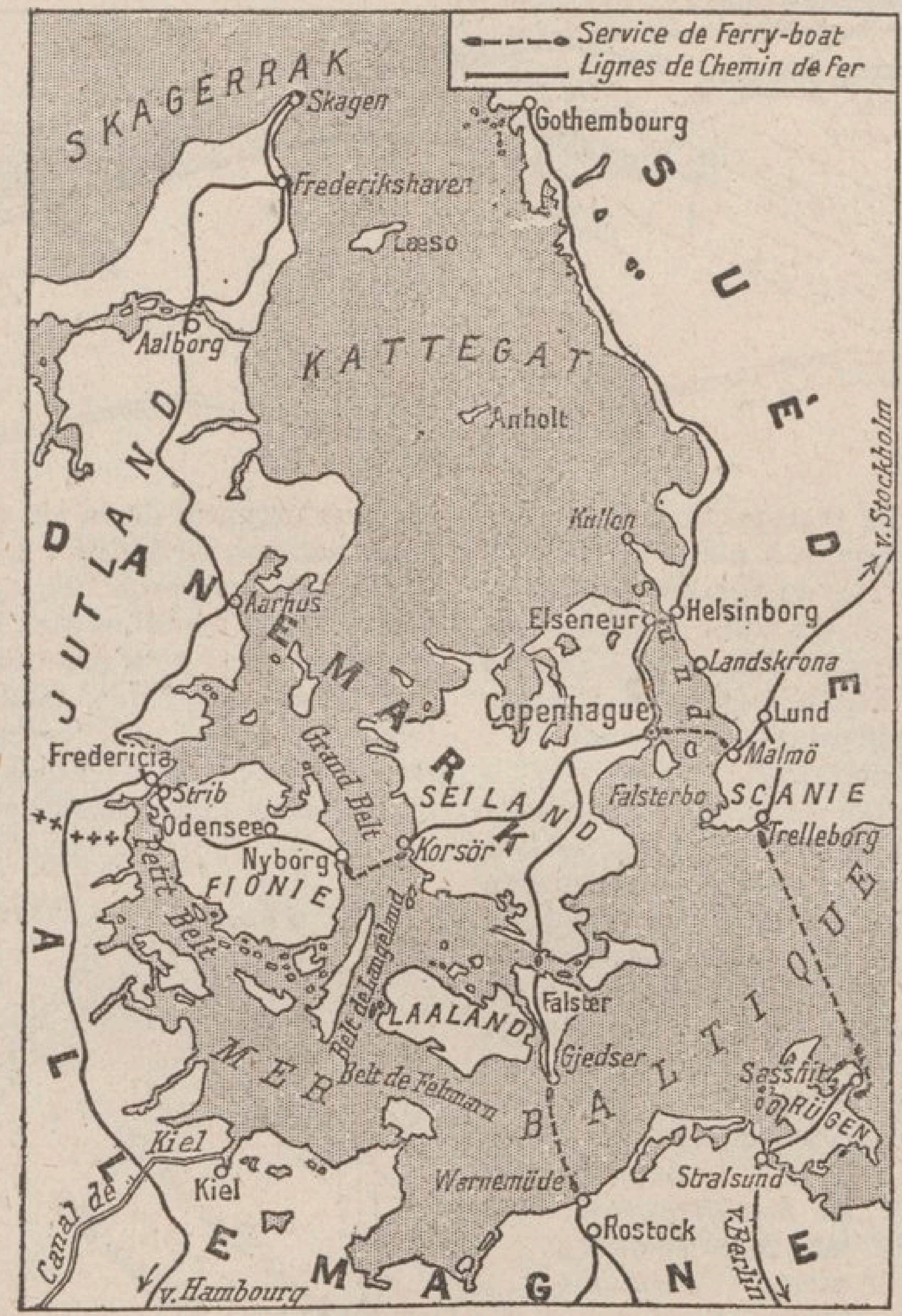
LE FERRY-BOAT « LEONARD », TRAVERSANT LA MANCHE ENTRE SOUTHAMPTON ET CHERBOURG

VUE D'UN TRAIN DE CHARBON PRISE DE LA PASSERELLE DU FERRY-BOAT « LEONARD »

Oakland Antioch and Eastern R.R. exploite le transbordeur à trois voies *Ramon* propulsé par des moteurs à essence de 600 chevaux qui fait le service des trains entre Sacramento et San Francisco à travers la baie.

Mais revenons à l'Europe et aux conditions nouvelles créées par la dernière guerre en ce qui concerne l'exploitation des lignes de ferry-boats de l'ancien continent.

C'est à partir de 1872 que le Danemark a commencé à utiliser des *Faergers* pour développer ses communications par voies ferrées. A une première ligne de 2.500 mètres, desservie par le *Lillebelt*, furent successivement ajoutées une traversée de 26 kilomètres (1883) deux de 4 kilomètres (1884 et 1892), une de 29 kilomètres (1895) et enfin une de 42 kilomètres (1903), soit en tout six parcours qui mettent ce pays au premier rang (en Europe) pour l'emploi de ce genre de communications rapides. (Voir la carte ci-dessus.)



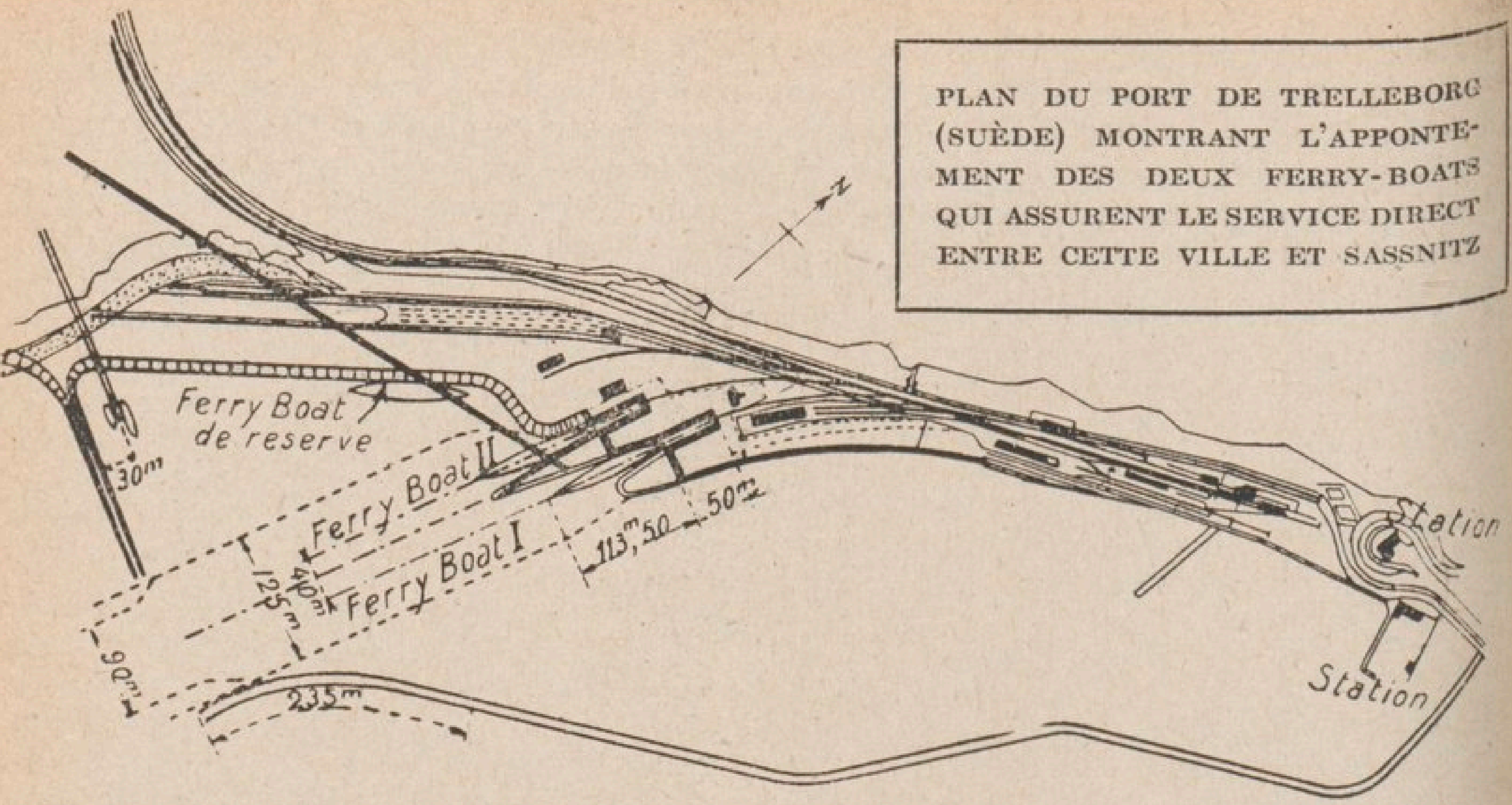
CARTE DES COMMUNICATIONS FERROVIAIRES ENTRE L'ALLEMAGNE, LE DANEMARK ET LA SUÈDE

Itinéraires des ferry-boats suédois, allemands et danois entre Sassnitz-Trelleborg, Malmœ-Copenhague, Gjedser-Warnemünde, Korsör-Nyborg, Strib-Fredericia, Elseneur-Helsingborg.

En 1910, les chemins de fer de l'Etat danois exploitaient vingt et un navires porte-trains, d'un déplacement total de 24.000 tonnes, actionnés par des machines développant 23.000 chevaux. Les principaux étaient le *Prince-Christian* (2.065 tonnes, 2.200 chevaux) à double hélice, et la *Princesse-Alexandrine* (2.425 tonnes, 2.140 chevaux) à la fois très luxueux et rapides.

Le trafic des lignes danoises a été très actif pendant la guerre. En octobre 1915, les bacs du service Gjedser-Warnemunde transportaient deux cent cinquante wagons par jour en sept voyages aller et retour. Sur la ligne Korsör-Nyborg, le transbordement portait sur six cent cinquante wagons dans chaque sens en vingt-deux traversées doubles. Les bacs du Petit-Belt (Fredericia-Strib) faisaient quotidiennement soixante voyages, et ceux du Sund, vingt-quatre, entre Elseneur et Helsingborg (Suède).

Le 7 juillet 1909 a été inaugurée, par l'empereur Guillaume et le roi de Suède, une ligne de ferry-boats destinée à accélérer le trafic entre Berlin, Stockholm et Christiania par les ports de Sassnitz et de Trelleborg (107 kilomètres), en supprimant deux transbordements et le passage sur les lignes danoises. L'armement se composait de deux porte-trains suédois : *Drottning-Victoria* (fig. pages 410 et 411), *Konung Gustaf V*, et de deux ferry-boats allemands : *Deutschland* et *Preussen*, ayant respectivement comme ports d'attache Trelleborg et Sassnitz. Un cinquième navire devait être mis en service quand la guerre a éclaté. Tous ces bâtiments, qui sont copiés sur ceux du chemin de fer américain Père Marquette, ont 113 mètres de longueur, 15 m. 50 de largeur et 4 m. 90 de tirant d'eau, ce qui leur donne une jauge



PLAN DU PORT DE TRELLEBORG (SUÈDE) MONTRANT L'APPONTEMENT DES DEUX FERRY-BOATS QUI ASSURENT LE SERVICE DIRECT ENTRE CETTE VILLE ET SASSNITZ

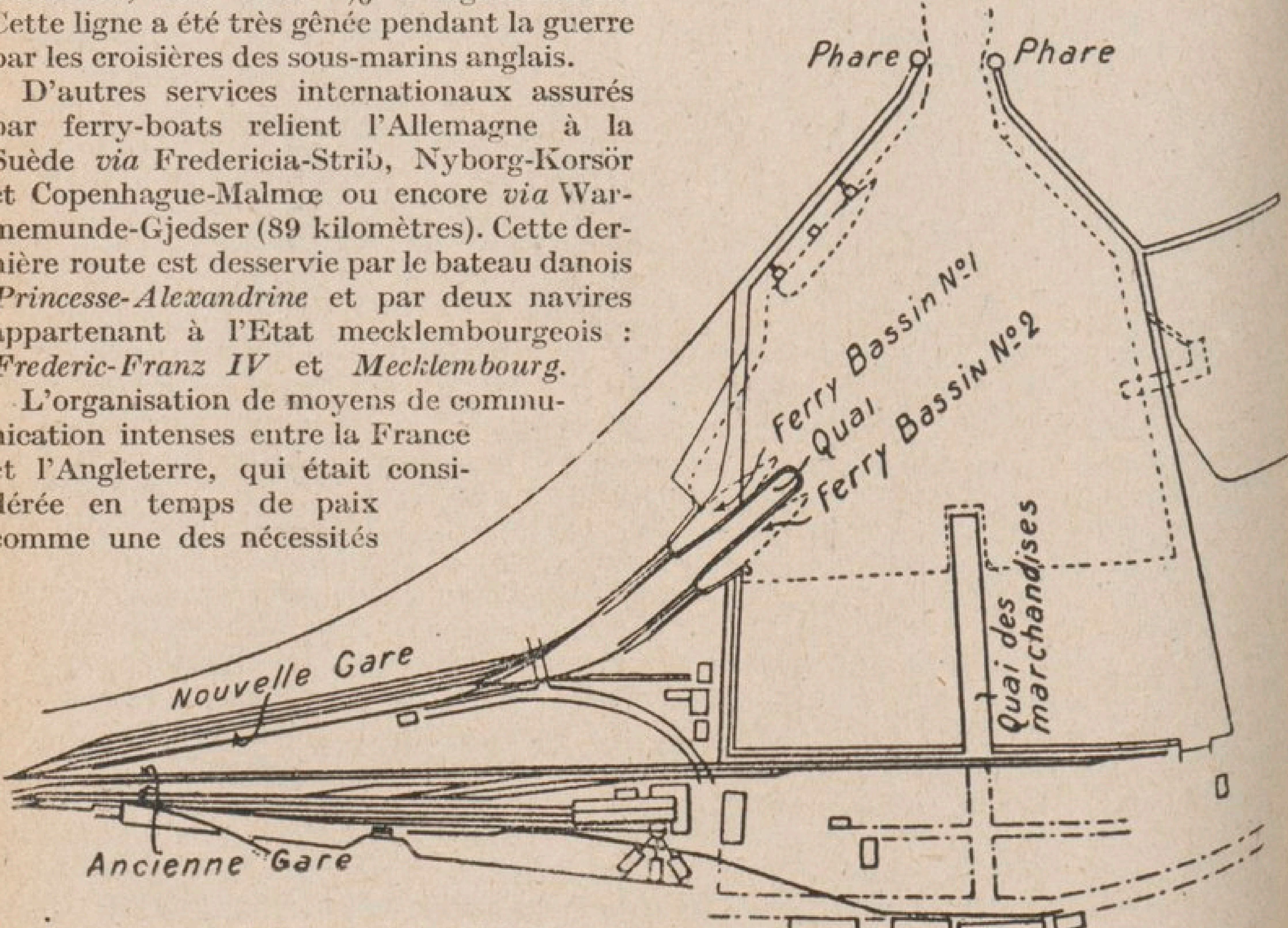
de 4.270 tonnes. Ils transportent en quatre heures dix-huit wagons à marchandises ou huit voitures à boggies du plus grand modèle.

Le développement du trafic a été remarquablement rapide sur cette route. Dès la première année d'exploitation, le nombre des voyageurs avait presque quadruplé et le tonnage des marchandises était passé de 2.600 à 35.000 tonnes pour la période de juillet-décembre, soit 1.300 % d'augmentation. Cette ligne a été très gênée pendant la guerre par les croisières des sous-marins anglais.

D'autres services internationaux assurés par ferry-boats relient l'Allemagne à la Suède *via* Fredericia-Strib, Nyborg-Korsör et Copenhague-Malmœ ou encore *via* Warmemunde-Gjedser (89 kilomètres). Cette dernière route est desservie par le bateau danois *Princesse-Alexandrine* et par deux navires appartenant à l'Etat mecklembourgeois : *Frederic-Franz IV* et *Mecklembourg.*

L'organisation de moyens de communication intenses entre la France et l'Angleterre, qui était considérée en temps de paix comme une des nécessités les plus urgentes de la vie commerciale des deux nations, devint, dès le début des hostilités, un des problèmes dont la solution s'imposa aux membres des cabinets de guerre des deux pays pour conduire la campagne.

Il était impossible, même si on l'avait voulu, de tabler sur l'exécution rapide du tunnel sous-marin à l'étude depuis si longtemps, mais l'on songea heureusement aux



GARE MARITIME ET PORT DE SASSNITZ (ALLEMAGNE), AVEC LES BASSINS DES FERRY-BOATS POUR TRELLEBORG

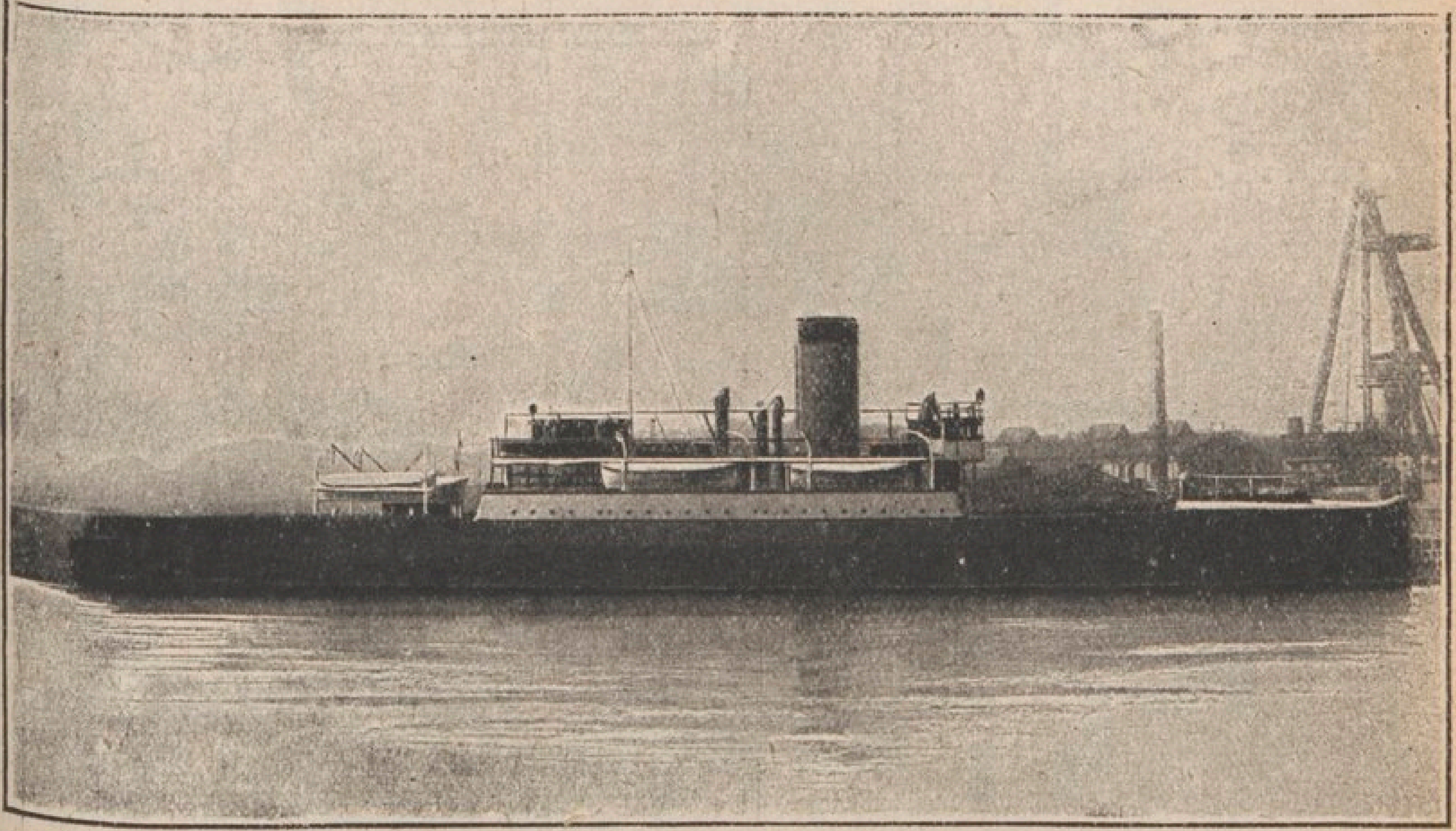
ferry-boats, dont l'ennemi se servait avec succès pour ses transactions commerciales de ravitaillement avec les pays du Nord.

En mars 1917, le gouvernement anglais approuva un projet qui prévoyait l'organisation de deux services de ferry-boats, d'une part entre Southampton, Dieppe et Cherbourg ; d'autre part, entre Richborough (près de Ramsgate), Calais et Dunkerque.

L'exécution du plan fut confiée au Service de la Navigation Intérieure et des Docks, ainsi qu'au Génie militaire anglais (Royal Engineers) en ce qui concerne les travaux wagons était mis à bord et quittait le port.

Pendant l'année 1918, plus de dix-huit mille wagons chargés de 290.000 tonnes de matériel de guerre passèrent le détroit grâce à la facilité qu'offrait pour ce trafic le port de Southampton, accessible aux navires par tous les temps et à toute heure de la marée. Il avait fallu dix mois pour mettre à exécution le projet complet, y compris la construction d'un très important raccordement spécial à voie unique embranché sur la ligne principale du London & South Western Railway.

Etant donné la faible profondeur d'eau



PORTE-TRAINS « MECKLEMBOURG », APPARTENANT AUX CHEMINS DE FER MECKLEMBOURGEOIS

Ce ferry-boat appartient à la ligne internationale germano-danoise entre Gjedser et Warnemünde.

de voies et la construction des appontements. La partie mécanique et navale fut livrée par Sir W. G. Armstrong, Whitworth and C° Ltd, de Newcastle-sur-Tyne, ou par les chantiers Fairfield, de Govan-Glasgow, et par les ateliers de la Wallsend Slipway Engineering C°.

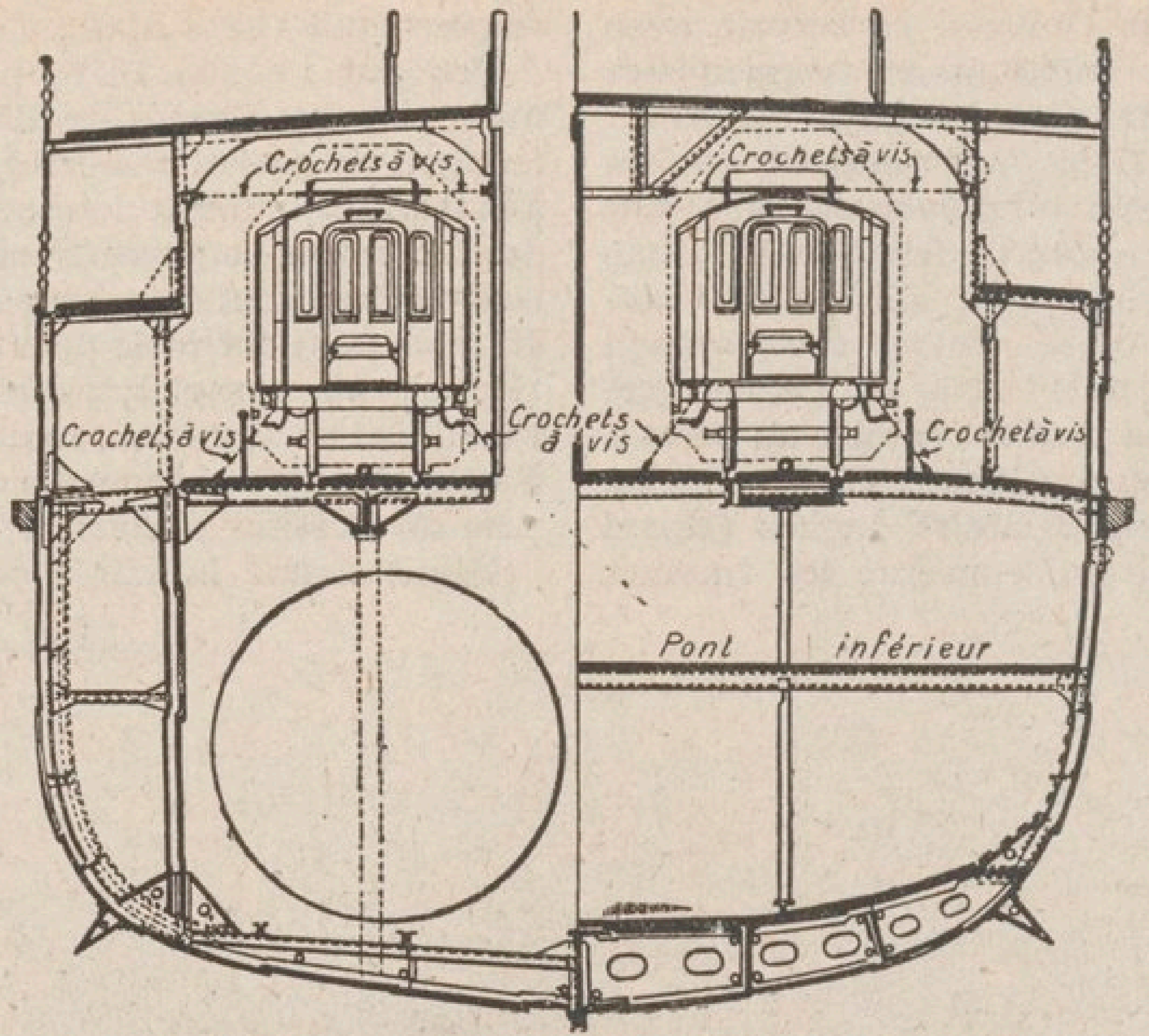
En décembre 1917, les travaux étant complètement terminés à Southampton, le premier train put être expédié en France. On conçoit quelle énorme facilité le nouveau service donna aux autorités militaires anglaises, car elles pouvaient expédier, pour ainsi dire sans aucune manœuvre, des locomotives de 90 tonnes, des wagons, des canons et obusiers de 305 millimètres qui passaient directement de l'atelier de construction à leurs dépôts ou à leurs emplacements de batterie. En une demi-heure, un train de marchandises de soixante-quatre de l'avant-port et des bassins de Dieppe, le tirant d'eau des navires était limité à environ trois mètres. Les ferry-boats, longs de 107 mètres entre perpendiculaires, et larges de 18 m. 60, purent donner aux essais une vitesse de 13 n. 1/4 avec leur charge complète de cinquante-quatre wagons. Puisqu'il ne s'agissait pas d'un transport de voyageurs, on n'a pas jugé nécessaire d'abriter le pont sur lequel sont installées les voies ; l'équipage est logé dans le gaillard d'avant et tout le reste des installations est relégué sous le pont. Au milieu du navire se trouve une passerelle de navigation avec l'appartement du capitaine, la chambre des cartes, le poste de télégraphie sans fil et la timonerie.

En général, les manœuvres d'embarquement et de débarquement des rames de wagons sont faites par de petites locomo-

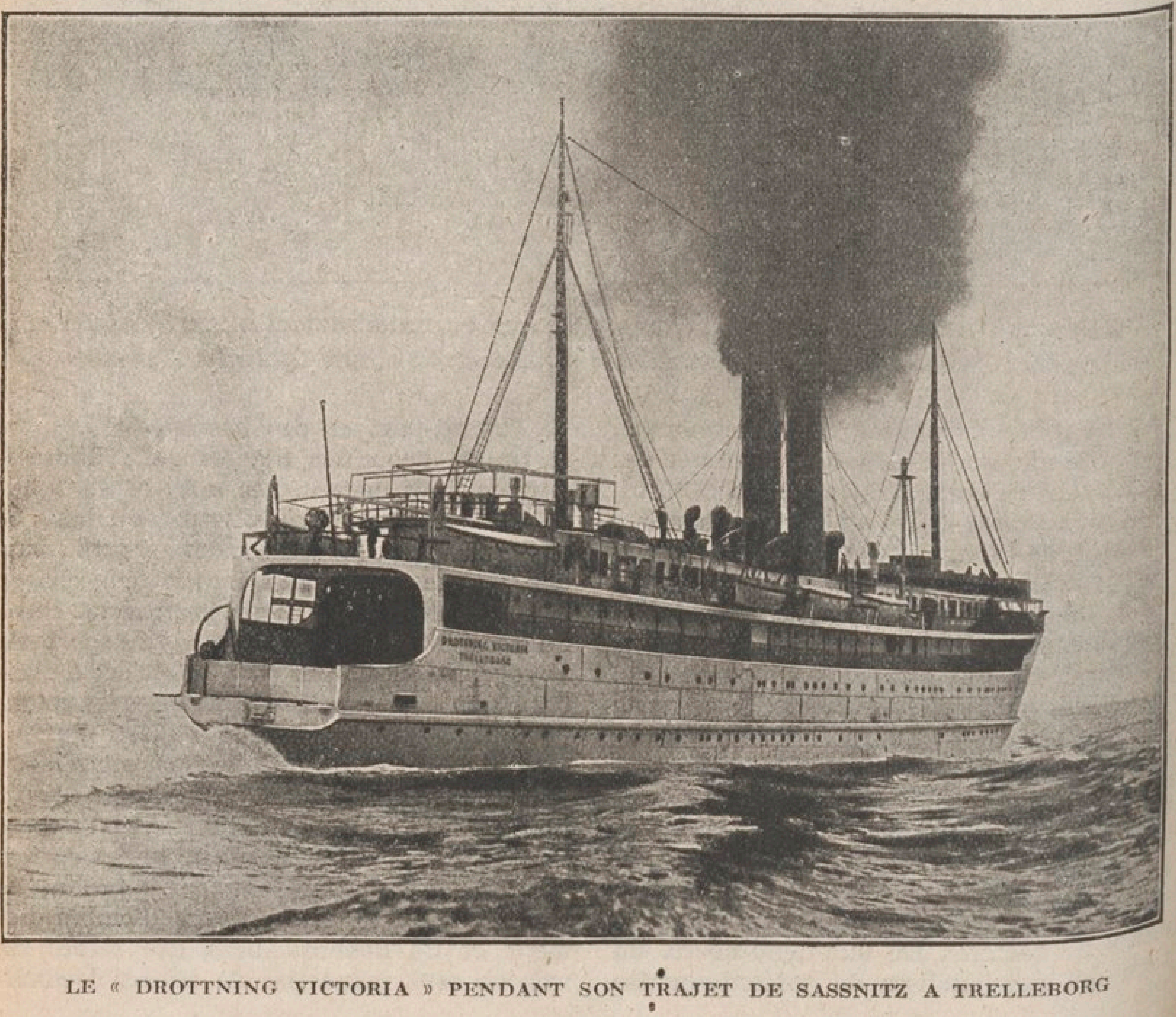
tives, mais, cependant, de puissants cabestans permettent de remorquer les véhicules au moyen de câbles en cas de nécessité.

Les qualités nautiques des navires se sont montrées très satisfaisantes et le service a eu lieu sans interruption, sauf en cas de brouillard. On a même jugé inutile de fixer les wagons au pont pour obvier au roulis, bien que des crochets à vis robustes aient été prévus à cet effet.

Il fallut deux ans pour transformer en un port le petit havre de Pegwell Bay, où se trouve le château de Richborough, au sud de Ramsgate. Le War Office et la Compagnie du South Eastern Railway utilisèrent pour ce travail l'estuaire de la rivière Stour, qui se jette dans la mer dans la baie de Pegwell. On parvint heureusement à empê-



COUPE EN TRAVERS DU « DROTTNING VICTORIA »
Ce schéma montre la manière dont sont immobilisés, par des crochets à vis, les véhicules de chemins de fer transportés sur le pont.



LE « DROTTNING VICTORIA » PENDANT SON TRAJET DE SASSNITZ A TRELLEBORG

cher l'ennemi d'attaquer la base de Richborough au moyen de ses escadrilles d'avions ou des sous-marins stationnés à Zeebrugge.

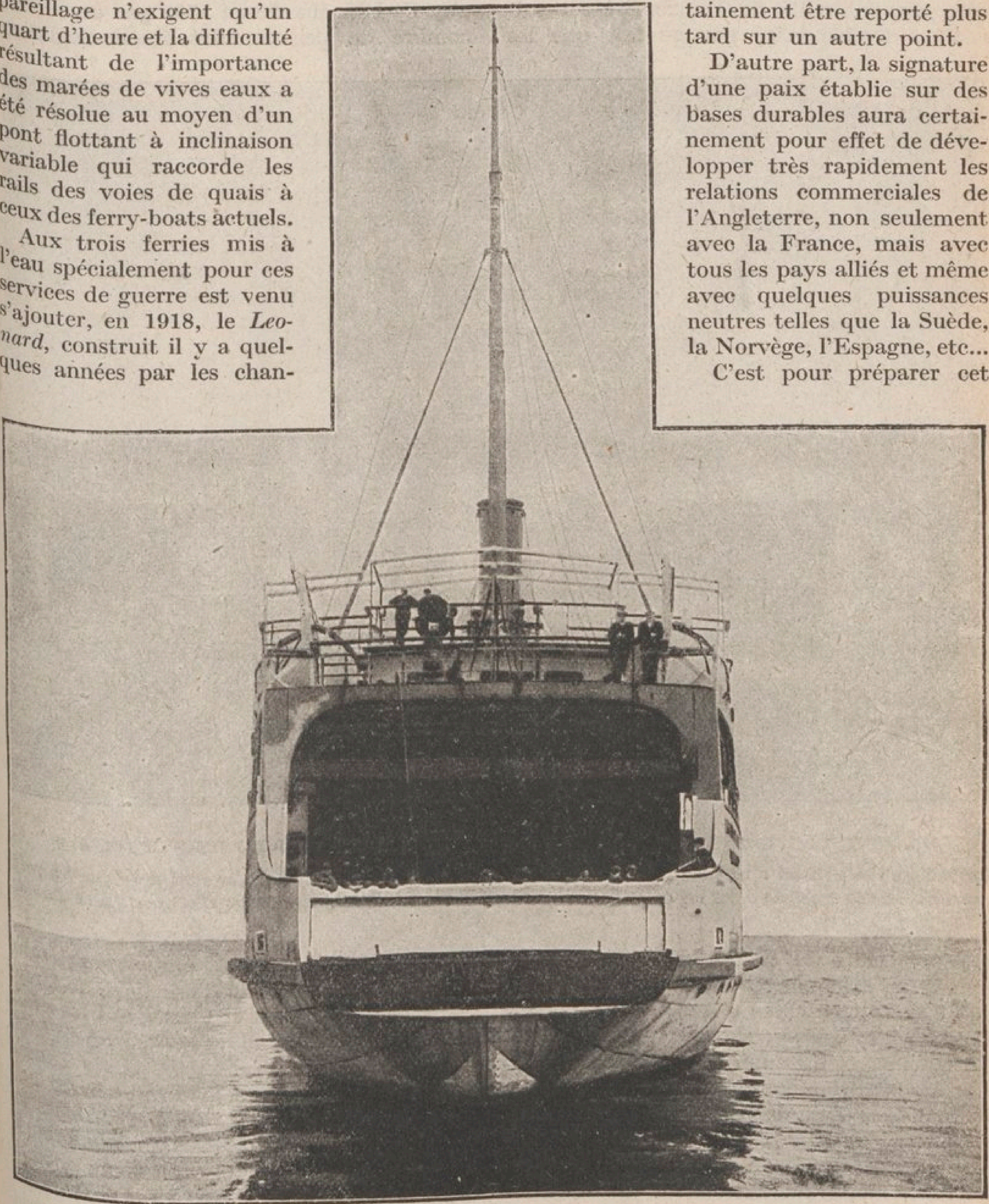
Les ferry-boats de 3.775 tonnes de ce service transportent cinquante-quatre wagons de 20 tonnes, répartis sur quatre voies, mais leur vitesse atteint 17 nœuds. L'embarquement des quatre rames et l'appareillage n'exigent qu'un quart d'heure et la difficulté résultant de l'importance des marées de vives eaux a été résolue au moyen d'un pont flottant à inclinaison variable qui raccorde les rails des voies de quais à ceux des ferry-boats actuels.

Aux trois ferries mis à l'eau spécialement pour ces services de guerre est venu s'ajouter, en 1918, le *Leonard*, construit il y a quelques années par les chantiers anglais Cammell & Laird, de Birkenhead, pour assurer un important service de transbordement sur le Saint-Laurent, entre Québec et Levis, pendant la construction du pont.

Malheureusement, l'ensablement des chenaux d'accès rend l'exploitation du port de Richborough tellement difficile et onéreuse que ce service devra certainement être reporté plus tard sur un autre point.

D'autre part, la signature d'une paix établie sur des bases durables aura certainement pour effet de développer très rapidement les relations commerciales de l'Angleterre, non seulement avec la France, mais avec tous les pays alliés et même avec quelques puissances neutres telles que la Suède, la Norvège, l'Espagne, etc...

C'est pour préparer cet



VUE ARRIÈRE DU « DROTTNING VICTORIA » (LIGNE TRELLEBORG-SASSNITZ)

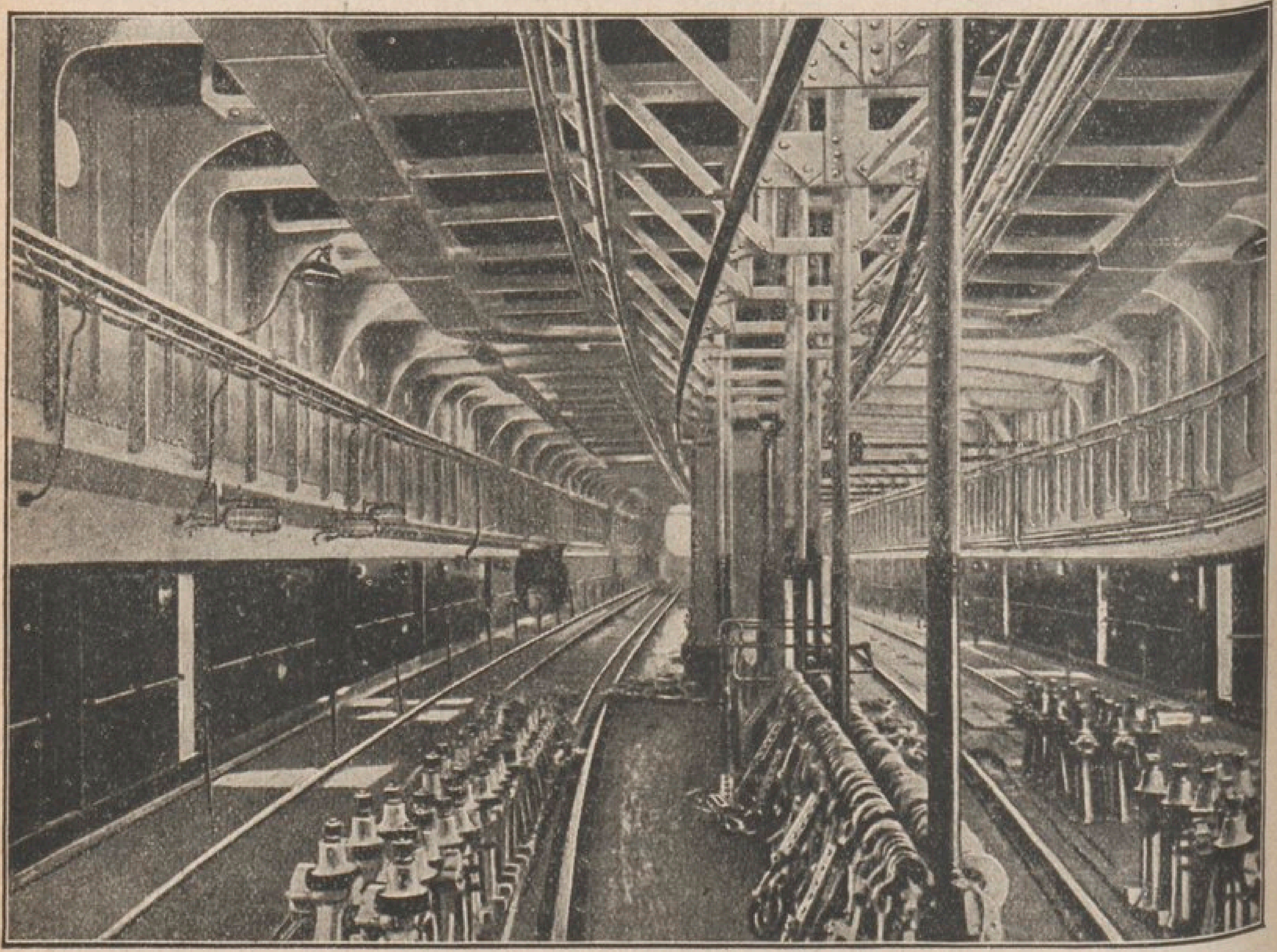
Les trains, immobilisés sur deux voies parallèles, sont abrités par un spardeck sur lequel sont aménagés des salons luxueux et des cabines confortables. L'arrière a été laissé ouvert pour montrer les voitures.

important mouvement économique qu'a été fondée, par un certain nombre de personnalités appartenant au monde des affaires en France, en Angleterre et en Italie, la Société Centrale des Ferry-Boats, dont le conseil d'administration est présidé par M. Paul Bignon, député de la Seine-Inférieure, pour l'arrondissement de Dieppe. Le caractère interallié de l'entreprise est suffisamment démontré par ce fait que les vice-présidents du conseil d'administration sont MM. Thomas Griffiths, président au tribunal de commerce d'Arras, et M. Oliver E. Bodington, ex-président de la chambre de commerce britannique à Paris, tandis que M. Michel Mercurio, banquier, assume les fonctions d'administrateur délégué. Lord Weardale (sir Philip Stanhope) est un des plus solides appuis de la Société en Angleterre. En effet, afin d'assurer à la direction tous les concours dont elle peut avoir besoin dans chaque pays, il a été constitué un comité consultatif international composé d'hommes d'affaires, de financiers et de techniciens de premier plan tels que MM. Luigi Luiggi, inspecteur général des travaux publics à Rome et membre de la commission internationale du Canal de Suez, Nino Ronco, président du consortium du port de Gênes, etc.

Ce groupement a racheté les droits de concession et les projets de l'ancienne compagnie anglaise dite Intercontinental Railway C° Ltd, fondée en 1902 par un certain nombre de personnalités franco-anglaises. Ce syndicat important était propriétaire du droit d'exploitation d'une ligne de ferry-boats entre Douvres et Calais, qui lui avait été conféré par un bill du Parlement anglais. C'était la réalisation d'un projet de Thomé de Gamond remontant à quatre-vingts ans.

La Société Centrale des Ferry-Boats se propose de fonder un certain nombre de filiales françaises, anglaises, italiennes, etc., qui exploiteront des lignes de ferry-boats entre l'Angleterre et la France, l'Italie et la Serbie, la Belgique et l'Angleterre. L'Espagne sera aussi reliée au Maroc et à l'Algérie.

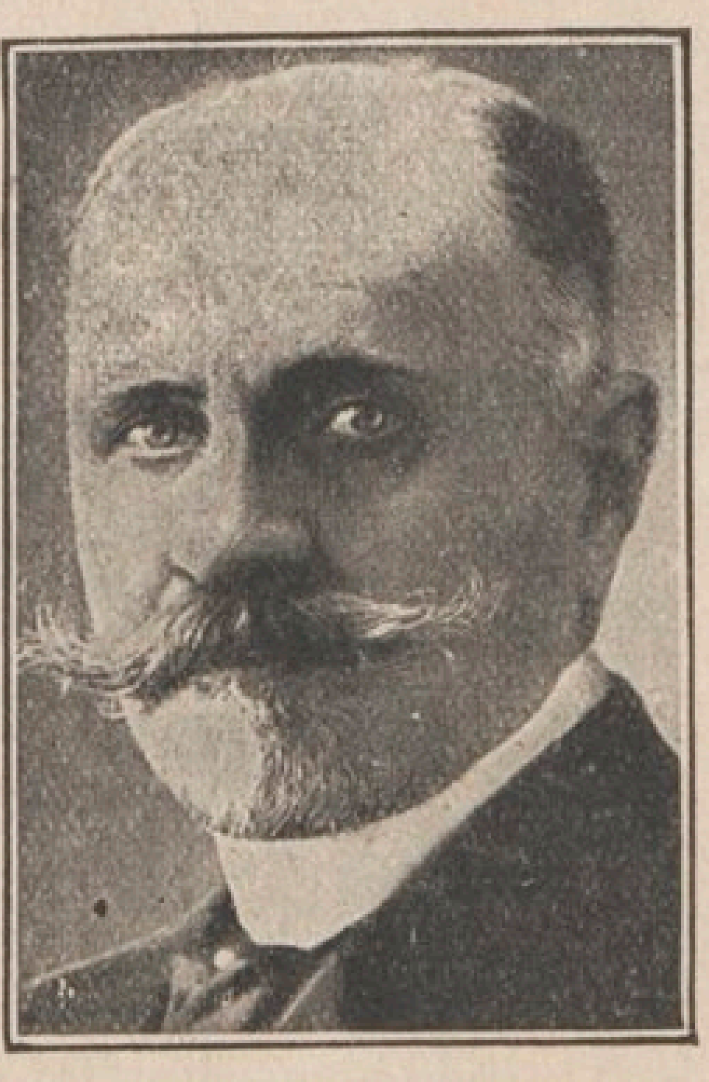
En ce qui concerne les relations franco-



LE PONT COUVERT DU NAVIRE PORTE-TRAINS SUÉDOIS « DROTTNING-VICTORIA »

On voit qu'il s'agit ici d'une véritable gare flottante à double voie. Les véhicules sont fixés sur les rails par de robustes crochets à vis en acier qui empêchent le roulis de les faire verser d'un bord vers l'autre.

anglaises, elles seraient tout d'abord assurées par une ligne Dieppe-Newhaven, desservie par le matériel actuellement en service. De plus, on étudie, pour le même parcours, des navires dont la vitesse devra être aussi voisine que possible de 21 nœuds. Leur grande largeur permettra l'installation de quatre voies et de cabines confortables pour les voyageurs qui désireront descendre de leur compartiment pendant le trajet maritime.



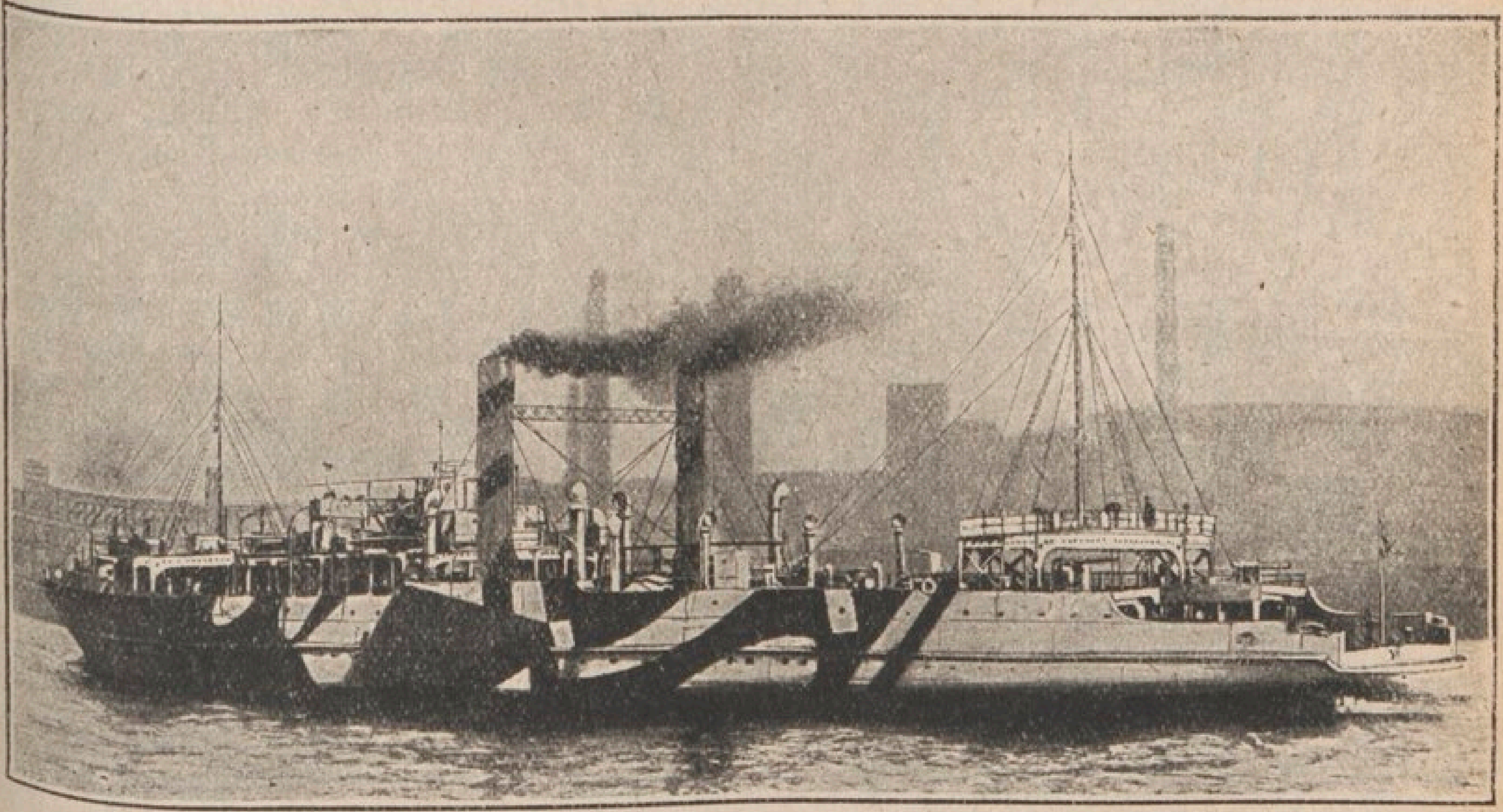
M. PAUL BIGNON

Député de la Seine-Inférieure. Président du conseil d'administration de la Société centrale des ferry-boats.

Les services franco-anglais ne causeront aucun préjudice au tunnel sous-marin, car il existe actuellement entre les deux pays intéressés plusieurs grands courants de trafic que le tunnel ne pourrait assurer à lui seul. Les lignes de paquebots reliant Southampton et Weymouth à Saint-Malo, Cherbourg, le Havre, ainsi que celles de Dieppe à Newhaven, de Folkestone à Boulogne et de Douvres à Calais, seraient, au contraire, avantageusement transformées en vue de la concentration du trafic par ferry-boats entre Southampton et Cherbourg, Dieppe et Newhaven. Il est donc visible que les projets de la Société Centrale ne vont nullement à l'encontre de ceux des promoteurs du tunnel sous-marin projeté.

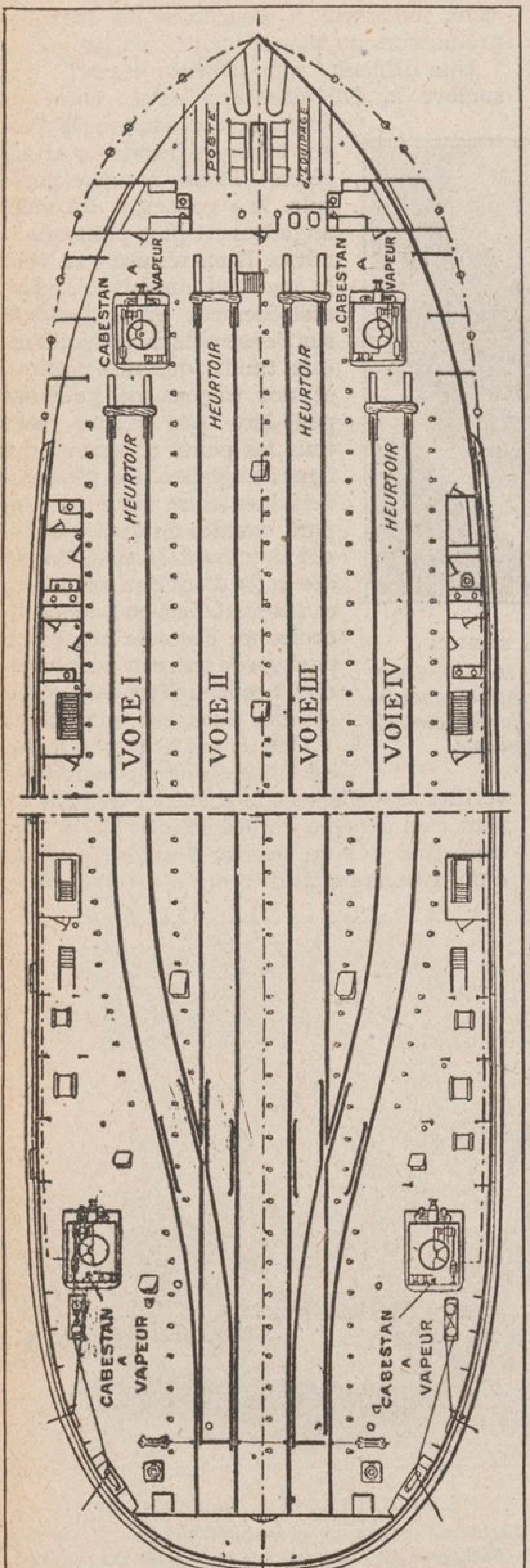
Une difficulté plus délicate est celle que soulève la différence qui existe entre les dimensions des ouvrages d'art sur les voies françaises et anglaises. D'une manière générale, le « gabarit » des voies anglaises est plus petit que le nôtre. Il en résulte que tout le matériel anglais circulera certainement sans incident sur l'ensemble du réseau français, tandis que nos voitures et nos wagons ne pourront peut-être pas passer sous tous les ponts et tunnels des lignes anglaises. De plus, ces dernières sont, pour la plupart, munies de quais surélevés dominant la plate-forme des rails d'environ un mètre et formant ainsi en maints endroits un obstacle absolu au passage de notre matériel normal, beaucoup trop large pour circuler dans ces conditions.

Une enquête très sérieuse est faite en ce moment pour vérifier si réellement le matériel français ne peut être expédié en Angleterre ou si l'interdiction doit se réduire à quelques lignes d'un gabarit particulièrement réduit comme.



UN DES FERRY-BOATS CAMOUFLÉS DE LA LIGNE MILITAIRE RICHBOROUGH-CALAIS

Le port de Douvres étant réservé uniquement à la Marine de guerre, on a installé, près de Ramsgate, dans la baie de Pegwell, au pied du vieux château de Richborough, un port avec appontements spéciaux destinés à l'expédition et à la réception des transporteurs de trains se dirigeant vers Calais et Dunkerque.



PLAN (AVEC BRISURE) DU PONT D'UN FERRY-BOAT MILITAIRE AFFECTÉ A LA LIGNE SOUTHAMPTON-DIEPPE

L'installation comporte quatre voies de 1 m. 435 de largeur pouvant recevoir ensemble 54 wagons chargés de matériel de guerre et de munitions.

par exemple, celle du Great Northern Railway, qui relie Londres à Doncaster, sur la route d'Ecosse, longeant la côte orientale de l'Angleterre.

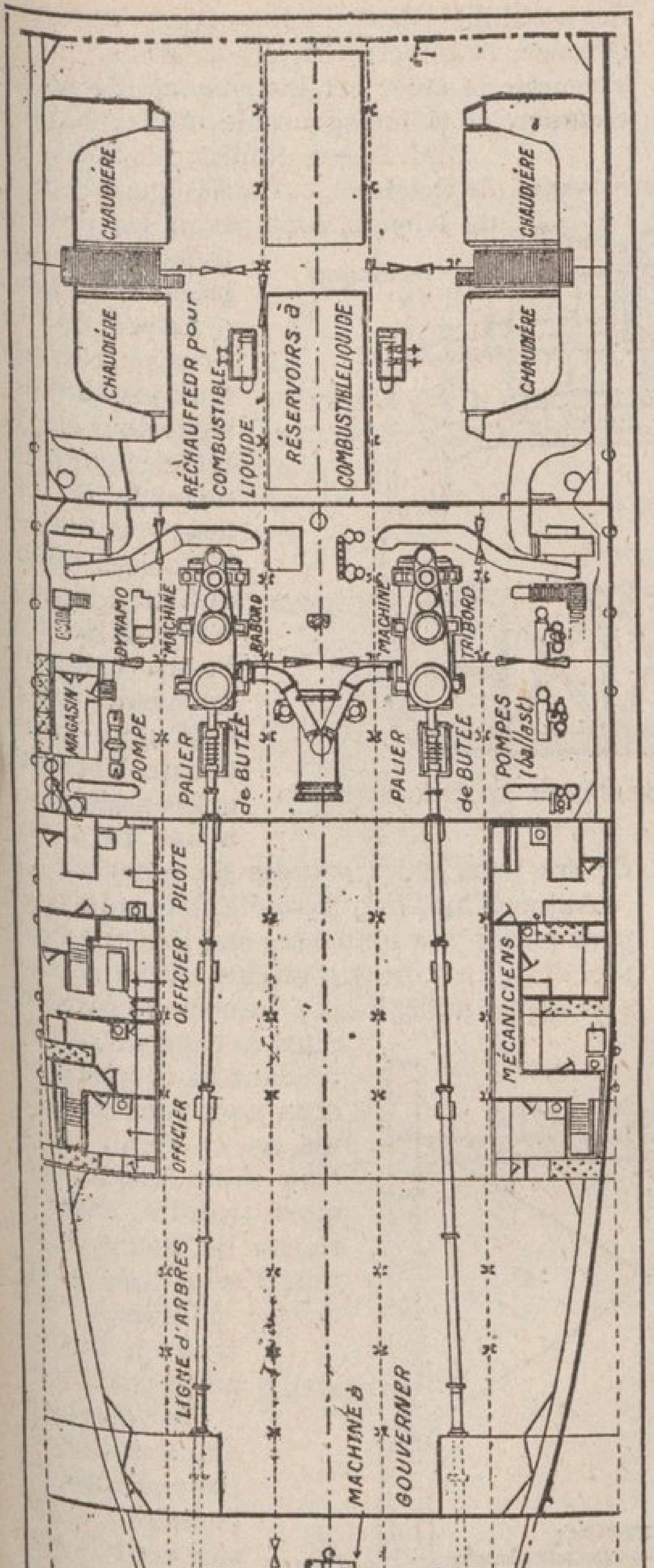
On pourrait encore résoudre cette difficulté en construisant des véhicules spéciaux destinés au trafic franco-anglais. Faisons remarquer en passant que cette objection est également valable dans le cas du tunnel sous-marin, mais non insurmontable.

Etant donné que les chantiers français ou alliés ne peuvent actuellement fournir des ferries neufs qu'à des prix prohibitifs, la reprise temporaire ou définitive du matériel naval militaire et des installations fixes du gouvernement anglais dans les ports de Richborough, Southampton, Dunkerque, Calais, Dieppe et Cherbourg permettrait d'assurer une exploitation provisoire suffisamment intense et perfectionnée, bien que relativement économique. L'expérience de quelques années fournirait ainsi un supplément de données techniques et financières qu'on utiliserait quand la baisse des prix de revient et le développement du trafic justifieraient la commande d'unités nouvelles.

Or le développement rapide du tonnage transporté ne fait aucun doute d'après les résultats obtenus dans le monde entier par des organisations similaires. L'exemple de la ligne Sassnitz-Trelleborg, cité plus haut, est à ce point de vue tout à fait topique.

D'ailleurs, le service franco-anglais par la voie Dieppe-Newhaven a transporté, en 1913, 232.850 voyageurs et 76.646 tonnes de marchandises. Le trafic de l'exportation consistait principalement en légumes, fruits, œufs, fromages, conserves, cuirs, soieries, provenant de la région parisienne, ainsi que du Midi et de l'Ouest de la France, et aussi de la Suisse et de l'Italie septentrionale, à destination de Londres ou du nord et du sud-ouest de l'Angleterre.

D'autre part, la route de Dieppe-Newhaven sera utilisée pour les produits que l'Italie envoyait autrefois aux empires centraux et aux pays scandinaves, produits que l'Angleterre est toute disposée à absorber, de même que les marchandises espagnoles admises en France, en vertu d'un accord tout récemment signé.



VUE SCHÉMATIQUE DES INSTALLATIONS MÉCANIQUES SUR UN FERRY-BOAT EN SERVICE ENTRE DIEPPE ET SOUTHAMPTON

Outre les machines et les appareils servant à assurer la propulsion et la direction du bâtiment, cette figure montre les logements du personnel technique.

On peut estimer à 250.000 tonnes le tonnage de début de la ligne de ferries Dieppe-Newhaven, soit 700 à 900 tonnes par jour, suivant les saisons, ce qui nécessiterait trois navires, dont un de réserve, pouvant transborder chacun quarante-quatre wagons ordinaires de 10 tonnes ou vingt-deux wagons de 20 tonnes et assurant quotidiennement deux traversées dans chaque sens, ce qui est suffisant.

Il y a longtemps que les armateurs et les commerçants intéressés dans le développement du trafic entre la Suède et l'Angleterre réclament avec insistance une amélioration des services de transbordement des marchandises entre ces deux pays. Quelques mois avant la déclaration de guerre, des experts avaient été nommés par le Board Trade anglais, afin d'examiner la possibilité d'établir une ligne de ferry-boats à départs quotidiens reliant le port suédois de Gothembourg à celui de Grimsby, sur la côte orientale de l'Angleterre. La commission avait préconisé l'emploi de quatre ferry-boats à vapeur, déplaçant 11.000 tonnes à pleine charge et capables de transporter 3.000 tonnes de matériel, c'est-à-dire environ cent cinquante wagons répartis sur deux ponts superposés.

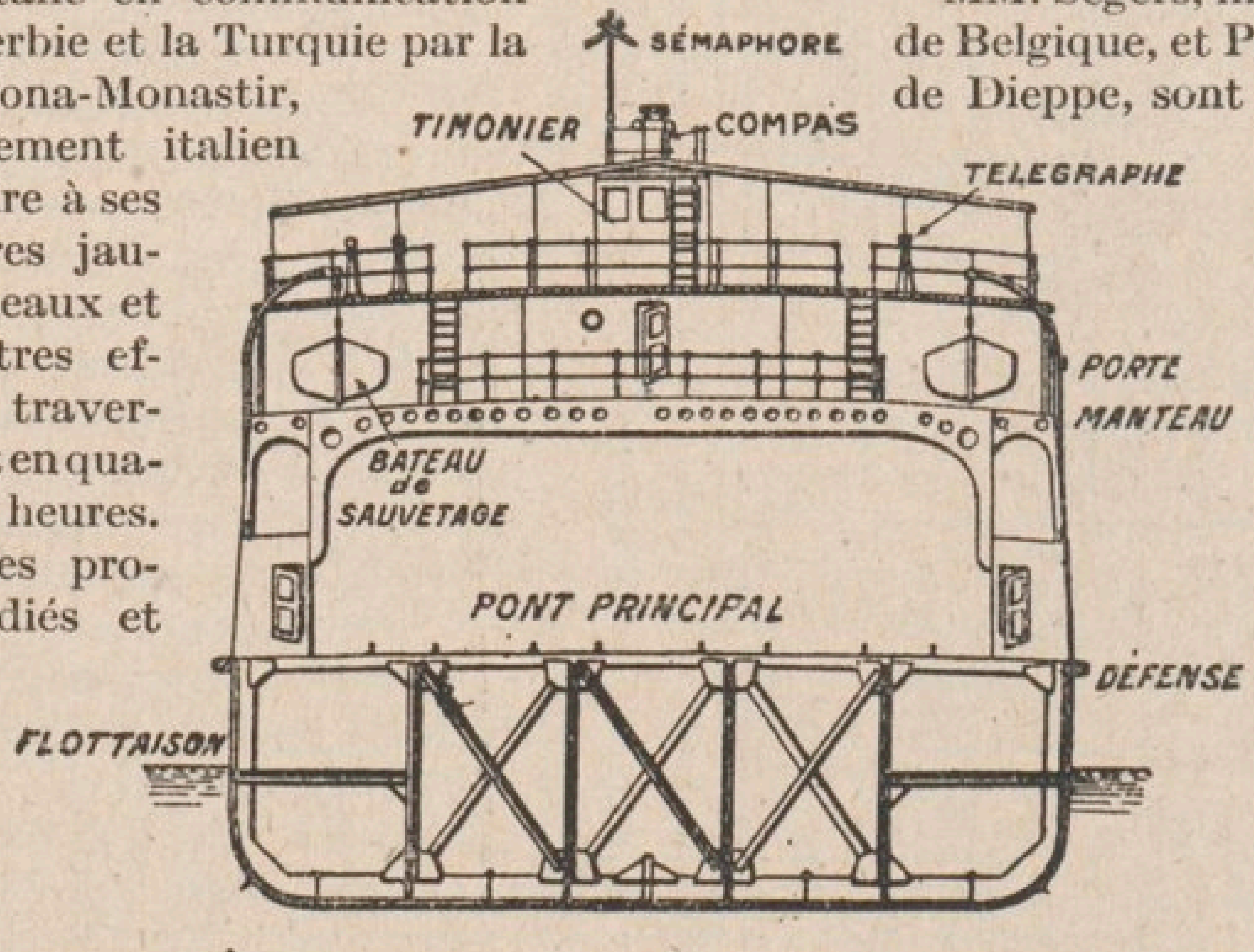
Depuis cette époque, la question n'a pas été perdue de vue, et l'on pense qu'elle sera soumise à la Chambre des députés suédoise dans un délai assez prochain. Ce seront certainement là les plus grands ferry-boats de l'Europe et même du monde entier.

La Norvège étudie également la mise en circulation de ferries entre un des ports du Skager Rack (Kristiansand ou Laurvick) et l'extrémité supérieure du Jutland, ce qui assurera une jonction rapide et directe du réseau des chemins de fer de l'Etat norvégien avec ceux de l'Etat danois.

L'impossibilité d'établir un pont permanent sur le détroit de Messine a conduit l'administration des chemins de fer de l'Etat italien à installer depuis 1896 des ferry-boats qui transportent ses trains entre Messine et les deux ports continentaux de Reggio et de San Giovanni. Cette dernière ligne donne lieu à un mouvement de 600.000 voyageurs et de 80.000 wagons par an, assuré par des ferries longs de 82 mètres, jaugeant 1.292 tonneaux.

Le ministère italien des Travaux publics étudie l'organisation d'une ligne reliant Vallona à l'un des ports de Brindisi (126 kilomètres) ou d'Otrante (75 kilomètres), ce qui mettrait l'Italie en communication rapide avec la Serbie et la Turquie par la voie ferrée Vallona-Monastir, que le gouvernement italien offre de construire à ses frais. Les navires jaugeant 2.180 tonneaux et longs de 89 mètres effectueraient les traversées ci-dessus soit en quatre soit en six heures.

Enfin, d'autres projets, moins étudiés et moins urgents, prévoient des créations de lignes de « ferro-botte » entre Syracuse (Sicile), Tripoli et Tunis.



COUPE D'UN FERRY-BOAT MILITAIRE FRANCO-ANGLAIS

L'étude de la ligne directe de Paris à Dakar comporte l'établissement d'un service de porte-trains entre le port espagnol de Tarifa et Tanger.

De même, l'Espagne se propose d'améliorer ses relations avec l'Algérie — voire même les nôtres — en mettant au gabarit français de 1 m. 44 entre rails, au lieu de 1 m. 60, les voies ferrées Port-Bou-Barcelone-Carthagène. De ce dernier point, les wagons seraient transportés par ferries jusqu'à Oran.

Le trafic anglo-belge avait, avant la dernière guerre, une très grande importance au point de vue du transport des personnes et des marchandises entre Ostende et Douvres, ainsi qu'entre Anvers et Harwich.

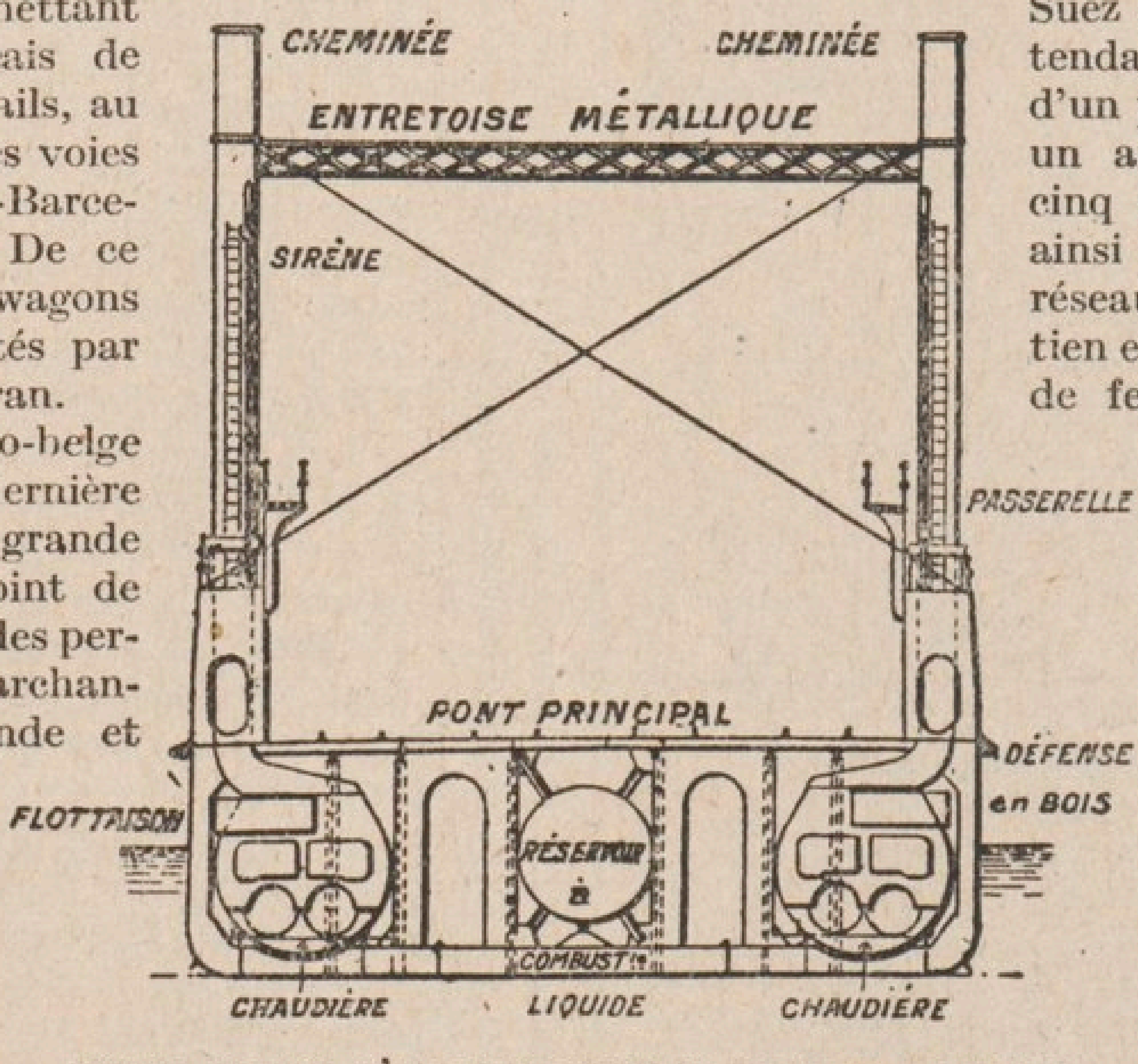
Les nombreux voyageurs qui transiteront de nouveau entre l'Angleterre et la Belgique verront, sans nul doute, avec un grand plaisir l'installation d'un service de ferry-boats entre Zeebrugge et Harwich.

Ce projet est en voie d'exécution, car un comité nombreux et puissant, comprenant des notabilités des principaux pays intéressés (France, Angleterre, Belgique, Italie, etc...), s'occupe de créer cet instrument d'échange commercial si indispensable au trafic.

MM. Segers, ministre de la Marine de Belgique, et Paul Bignon, député de Dieppe, sont parmi les promoteurs de cette dernière entreprise.

Le port de Zeebrugge reconstruit est tout désigné pour être la tête de ligne commerciale de ces ferry-boats anglo-belges, tandis qu'Ostende conserverait le trafic des trains de voyageurs internationaux (Ostende-Vienne) qui constituaient avant 1914 une de ses principales sources de prospérité.

Aujourd'hui, la guerre étant terminée, on peut parler des immenses services que l'emploi d'un ferry-boat a rendus en permettant aux trains militaires de franchir le canal de Suez à Kantara, en attendant la construction d'un pont tournant. En un an et demi, vingt-cinq mille wagons ont ainsi transité entre le réseau de l'Etat égyptien et celui des chemins de fer militaires construits à l'est du canal (rive Asie).



AUTRE COUPE D'UN FERRY-BOAT FRANCO-ANGLAIS

On voit quelle ampleur prendra prochainement l'emploi des ferries pour la suppression des traversées maritimes sur les mers d'Europe. C'est là une des plus intéressantes questions que l'on ait actuellement à envisager au point de vue du développement de nos relations commerciales avec nos grandes colonies d'Algérie et de l'Afrique occidentale ainsi qu'avec les divers pays alliés.

JEAN-FRANÇOIS GRIDEL.

LES REMARQUABLES PROGRÈS DE LA PHOTOGRAPHIE AÉRIENNE

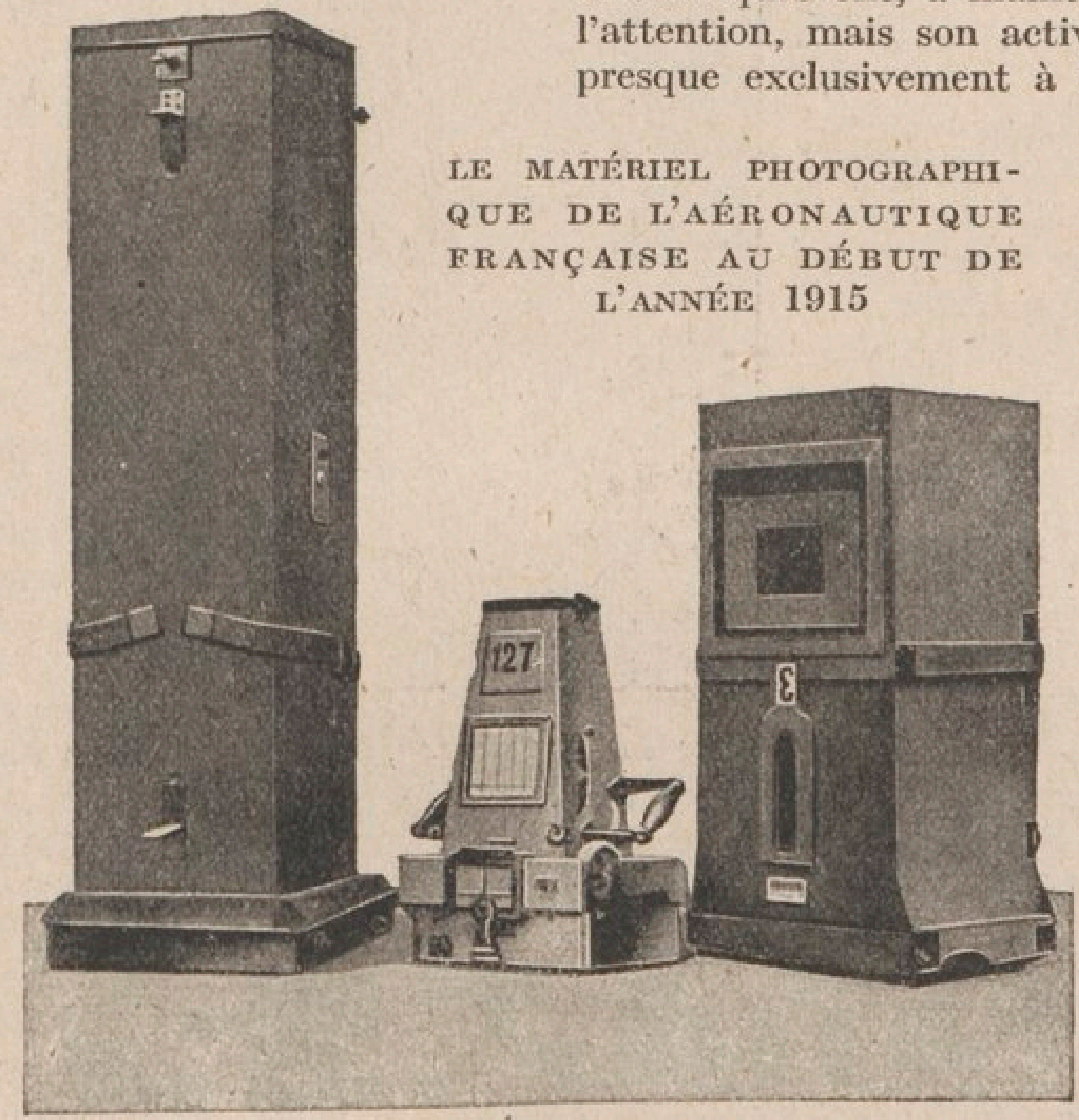
Par L.-P. CLERC

Quelques reconnaissances photographiques fructueuses, exécutées en août 1914 par plusieurs observateurs d'aviation, dans l'Yser, à la Marne et en Lorraine, mais surtout la *découverte* d'un appareil photographique allemand d'aviation, firent décider l'organisation, dans l'armée française (D^{on} minist. du 29 oct. 1914), et bientôt après dans les armées alliées, de services réguliers de photographie aérienne à bord des avions.

Chacune des armées françaises fut dotée, à partir de décembre 1914, d'une section de photographie aérienne (S. P. A.) comprenant un soldat photographe, un sous-officier dessinateur et un officier non spécialiste, et dotée d'un matériel rudimentaire : deux appareils photographiques 13 × 18, constitués par des pièces réquisitionnées, hâtivement assemblées, et un petit lot d'accessoires qui aurait constitué un équipement certainement fort médiocre pour un amateur débutant.

L'absence de toute direction technique effective ne permit pas d'obtenir de la photographie aérienne son rendement normal pour l'établissement de la carte des terrains d'opérations, carte que personne ne s'était préoccupé d'établir ou de préparer en temps de paix. On ne peut songer à tout.

La photographie aérienne a cependant joué, dans les armées de l'Entente, un rôle considérable sur lequel les communiqués britanniques ont, à maintes reprises, attiré l'attention, mais son activité a été limitée presque exclusivement à l'étude des organisations défensives ou offensives ennemies.



LE MATÉRIEL PHOTOGRAPHIQUE DE L'AÉRONAUTIQUE FRANÇAISE AU DÉBUT DE L'ANNÉE 1915

Au centre, on voit l'appareil d'aviation 13 × 18 à corps métallique de 0 m. 26 de foyer recevant douze plaques. A droite et à gauche, sont représentés « la table de nuit » et l' « horloge francomtoise », ainsi dénommées à cause de leurs grandes dimensions. C'étaient des 18 × 24 pour aérostiers (0 m. 50 et 1 mètre de foyer), avec corps en bois et châssis indépendants.

Sections de photographie aérienne françaises.

Les débuts des S. P. A. furent des plus pénibles : la mauvaise saison, l'ignorance de la technique spéciale nécessaire aux photographies à grande hauteur, l'inexpérience des observateurs, l'insuffisance du matériel et du personnel constituaient autant de circonstances défavorables. Dès le début, cependant, des résultats très encourageants furent obtenus. Dès mars 1915, l'effectif des S. P. A. était porté à six photographes, les premiers appareils étaient remplacés par des types mieux étudiés, l'outillage se completait et se perfectionnait, et chaque section disposait en propre de deux véhicules automobiles, voiture-laboratoire et camionnette de service.

Vers la même époque, on commençait à se préoccuper sérieusement de l'instruction

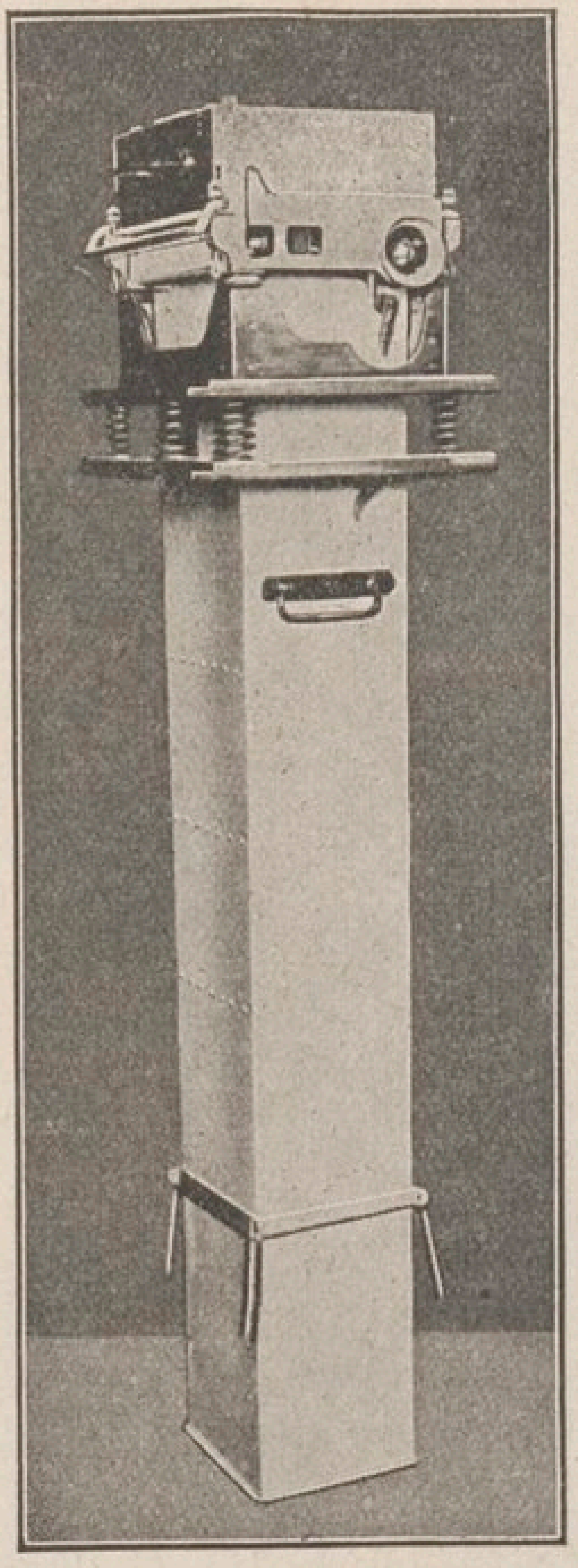
spéciale du personnel des sections et des observateurs.

La photographie aérienne était limitée, au début, aux escadrilles d'armée, et les épreuves étaient tirées à un nombre très restreint d'exemplaires, mais l'importance des services rendus au commandement, notamment pendant les offensives d'Artois, en mars et juin 1915, généralisait bientôt l'emploi de la photographie par les escadrilles de corps d'armée, et étendait la distribution des milliers d'épreuves obtenues à de nombreux échelons de la hiérarchie.

Les appareils 13×18 du début, munis chacun seulement d'un châssis-magasin de douze plaques, étaient remplacés par le type à peu près définitif (appareil métallique), comportant trois magasins interchangeables. A ces appareils venaient s'adjoindre les appareils 18×24 en bois, à châssis indépendants, inutilisés dans les compagnies d'aérostiers. Aussi, malgré l'augmentation constante de l'effectif des sections d'armée, celles-ci se trouvaient-elles fréquemment embouteillées, bien que la plupart d'entre elles eussent essaimé, en constituant divers détachements, munis chacun de l'ancienne voiture-laboratoire dont se servaient les aérostiers.

On décida donc de multiplier le nombre des sections de photographie aérienne, et, en outre des sections affectées aux groupes de bombardement, pour la recherche des objectifs et le contrôle des résultats, on affecta, en septembre 1915, une section de photographie à chaque escadrille de corps d'armée. Ces sections, dotées d'une voiture-laboratoire perfectionnée, de deux appareils 13×18 de 0 m. 26 de foyer, et, bientôt après, d'un appareil 18×24 de 0 m. 52 de foyer, étaient constituées à l'effectif de quatre photographes et un dessinateur, dont un gradé chef de section.

Ces nouvelles sections firent leurs premières armes aux offensives de septembre 1915 (Artois et Champagne); on constata rapidement leur insuffisance en personnel, et, pour répondre aux demandes croissantes de photographies, on leur adjoignit deux photographes, un dessinateur et un officier observateur, chef du service.



18 × 24 FRANÇAIS, TYPE DE 1917

Cet appareil de 1 m. 20 de foyer et muni d'un magasin de douze plaques a une longueur totale d'environ 1 m. 50. On l'emploie surtout pour les reconnaissances à grande hauteur (4.000 à 6.000 mètres). On remarque, à la partie supérieure, un amortisseur à ressorts destiné à la suspension sur un avion.

Pour la préparation de l'offensive de la Somme, rendue inutile par le repli allemand de mars 1917, et pour la préparation de l'offensive de Champagne, en avril de la même année, nombre de sections durent porter leur production journalière à plus de 4.000 épreuves, d'après une quarantaine de clichés.

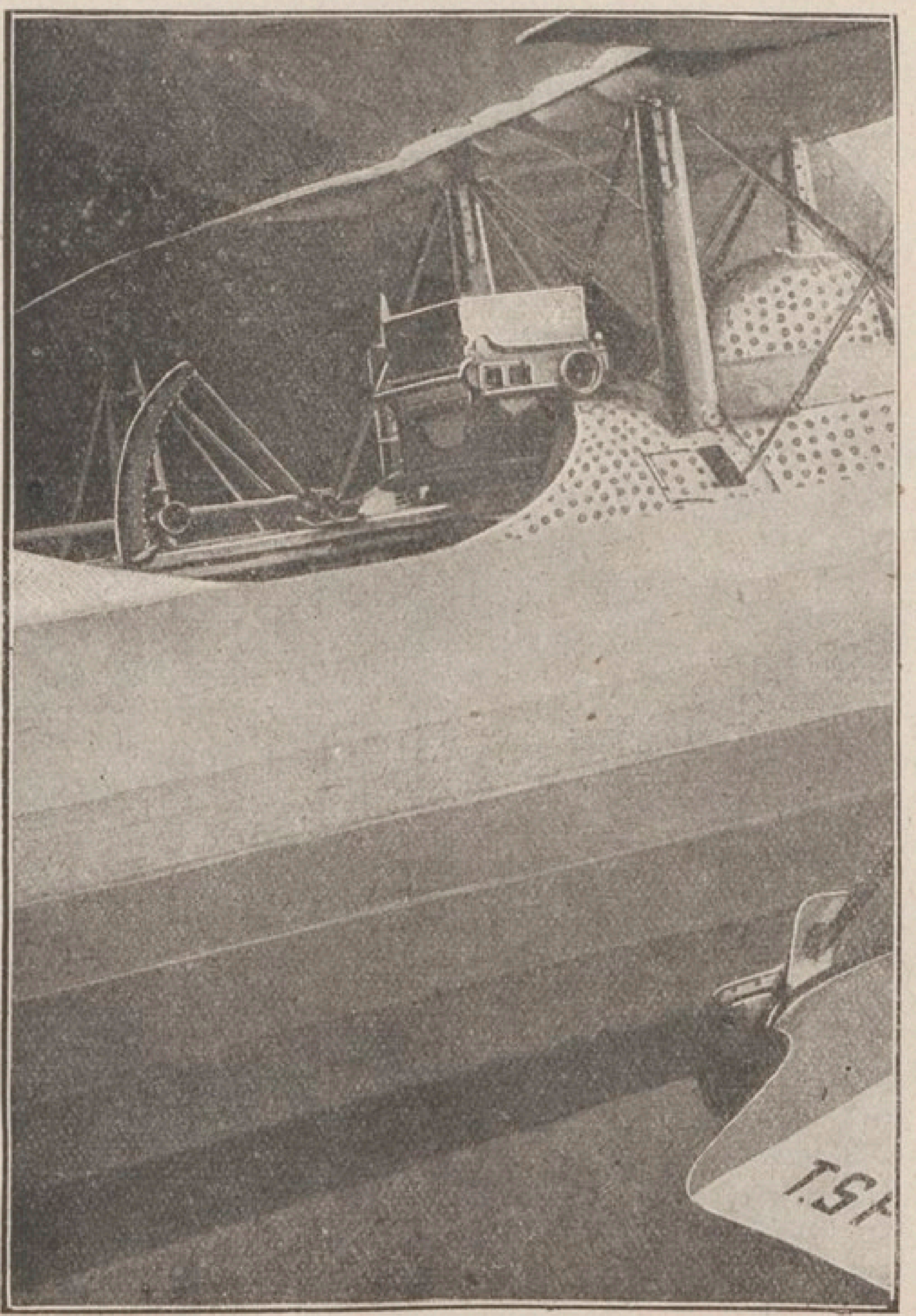
Aux appareils déjà mentionnés s'étaient ajoutés des appareils 18×24 de 1 m. 20 de foyer, et les divers appareils 18×24, munis seulement jusque-là de châssis indépendants, étaient dotés de magasins interchangeables à douze plaques. Divers modèles d'appareils automatiques avaient aussi été mis en service, appareils très précieux en maintes circonstances, puisqu'ils laissent à l'équipage une bien plus grande liberté pour la surveillance et la défense, mais appareils dangereux quand ils sont mis entre les mains de jeunes observateurs ne voyant dans la mission photographique qu'un record à battre, le record du nombre de clichés. Ces appareils ont été fréquemment la cause d'invraisemblables gaspillages, qu'encourageait, en quelque sorte, le commandement en inscrivant, au compte rendu journalier des opérations aériennes, non la surface du terrain relevé par chaque escadrille, mais le nombre des clichés pris. C'est ainsi que plusieurs observateurs exécutaient des clichés se recouvrant presque entièrement, et utilisaient ainsi trente-six plaques pour une reconnaissance que huit ou dix clichés auraient suffi à relever complètement; puis ils faisaient tirer tous ces clichés, la plupart inutiles, à 150 exemplaires chacun.

En outre de nombreuses améliorations de détail dans l'outillage, les sections de photographie aérienne étaient munies, en avril 1917,

de tireuses à grand débit, de machines automatiques pour le développement et le finissage des épreuves, et enfin d'un camion avec remorque photographique très confortable.

En décembre 1917, l'effectif d'une section de photographie aérienne de corps d'armée était enfin porté à un officier ou adjudant, chef de section, onze photographes (un sous-officier et deux caporaux), deux magasiniers, quatre dessinateurs (un sous-officier, un caporal), quatre archivistes chargés des expéditions (un sous-officier, un caporal), un conducteur et un mécanicien-électricien. De plus, chaque parc aéronautique d'armée comportait un magasin de matériel et produits photographiques, et un atelier de réparations (ébénisterie et petite mécanique) pour les appareils tant soit peu détériorés.

La technique des sections de photographie aérienne se perfectionnant constamment, la production devenait de plus en plus parfaite et de plus en plus rapide. Un premier lot d'épreuves était généralement fourni deux heures après l'atterrissage (cinq épreuves environ de chaque cliché) ; un second lot (vingt ou trente épreuves de chaque cliché) était expédié deux ou trois heures plus tard ; le solde était toujours livré à la première heure du lendemain. Si l'on tient compte de ce que, avant le tirage, les clichés devaient être identifiés, étudiés et munis des diverses indications nécessaires (numéro d'ordre, date, heure, échelle, lieu photographié, orientation, etc.), on peut se rendre compte des tours de force journellement accomplis par le personnel des sections, recruté exclusivement, pour ce qui concernait les hommes de troupe, parmi les territoriaux ou les auxiliaires.



18 × 24 FRANÇAIS DE 1 M. 20 DE FOYER INSTALLÉ SUR UN BIPLAN SALMSON

Sous le fuselage, on remarque un carénage additionnel qui protège le « nez » de l'appareil photographique, lequel, en raison de sa hauteur, dépasse d'environ 0 m. 20 le fuselage normal.

Dans les cas d'urgence particulière (vérification des destructions avant le déclenchement d'une attaque), une douzaine d'épreuves étaient achevées une demi-heure après l'atterrissage et pouvaient être jetées aussitôt, sous la forme d'un « message lesté », par un avion venant survoler le poste de commandement intéressé.

Les difficultés de ravitaillement en papier sensible et l'importance croissante des tirages amenèrent, dans le courant de 1918, à installer dans les « groupes d'armées » des imprimeries phototypiques, installations fixes réalisées en majeure partie au moyen de machines récupérées dans les villes évacuées, avec usine centrale à Versailles. De grands assemblages furent aussi édités par ce service, qui parvint rapidement à une perfection de résultat et à une rapidité d'exécution que pourraient lui envier les grands établissements privés d'édition phototypique.

Les sections anglaises.

Le service photographique du Royal Flying Corps (aviation militaire) fut créé en janvier 1915, avec un laboratoire central par armée et un photographe par escadrille,

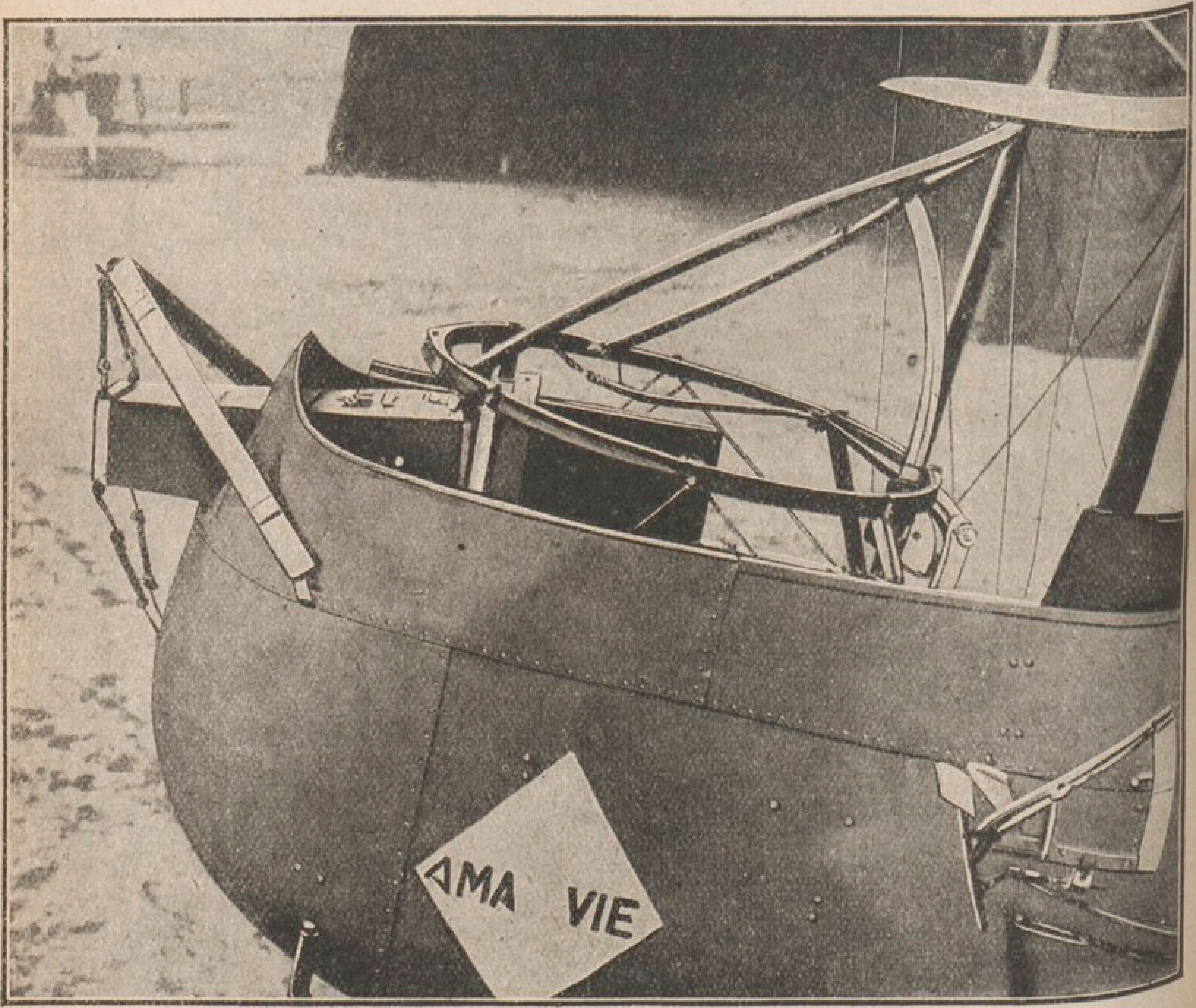
ce dernier procédant au réglage des appareils, éventuellement à leur réparation, au chargement et au déchargement des châssis; les plaques étaient envoyées ensuite par un motocycliste au laboratoire central où étaient faites toutes les manipulations.

L'aviation militaire anglaise s'est toujours limitée au seul format 10 × 12 ½, avec objectif de 0 m. 20 à 0 m. 30 de foyer ; au début, elle avait utilisé des appareils pliants du type employé pour le reportage, mais avait dû rapidement abandonner ces modèles, insuffisamment rigides pour un service aérien ; elle tenta aussi, sans succès, l'emploi du téléobjectif. Les tirages directs étaient très rares : dès le début, le service anglais fut muni d'appareils d'agrandissement et toutes les livraisons, en nombre toujours extrêmement restreint, étaient faites sous forme d'épreuves agrandies 16 × 21 ou 40 × 50.

Les premiers résultats obtenus furent nettement supérieurs à ceux des photographes de l'armée française, grâce à une application rationnelle des procédés de l'orthochromatisme et à l'emploi de papiers sensibles appropriés, donnant de très grands contrastes.

Dans le courant de 1915, un appareil semi-automatique fut créé, dont quelques exemplaires furent aussi employés sur avions monoplaces de l'armée française, et dont le principe fut appliqué, par la suite, à un grand nombre d'appareils construits aux armées par divers observateurs français.

L'aviation anglaise fit très vite une large part à la photographie, en laquelle elle reconnut sa principale raison d'être, et rares étaient les avions de reconnaissance, de réglage ou de chasse qui prenaient leur vol sans être munis d'un appareil photographique; l'étude des arrière-lignes ennemies fut par-



AVION EARMAN ARMÉ D'UN APPAREIL PHOTOGRAPHIQUE 18 × 24 FRANÇAIS, EN VUE DE LA PRISE DE CLICHÉS PANORAMIQUES

L'appareil, à corps métallique, a 0 m. 52 de foyer ; il est installé à l'avant de l'aéroplane au moyen d'un système de suspension formé de ressorts et de torons de caoutchouc.

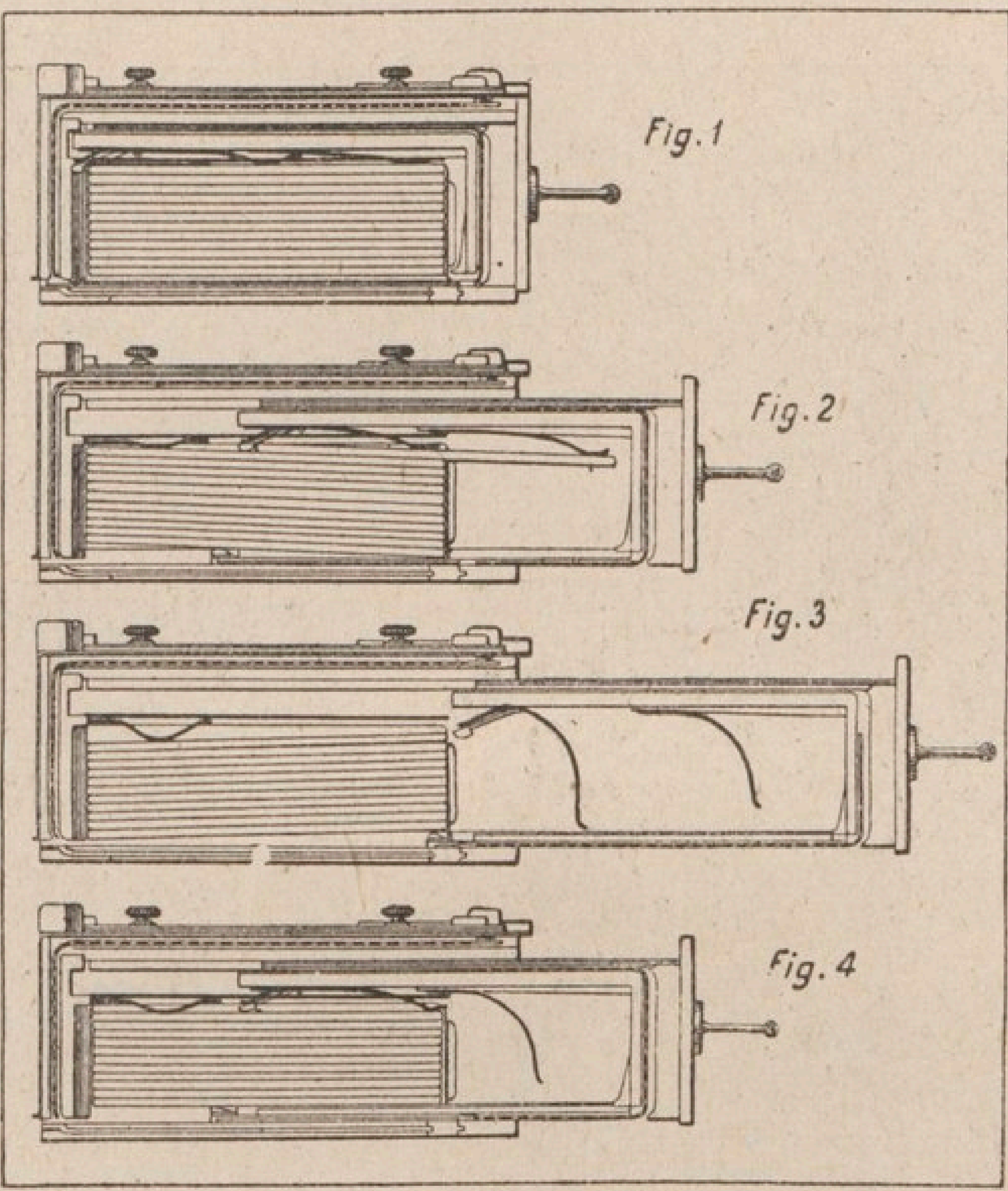
ticulièrement développée ; c'est ainsi que l'on eut connaissance, par les seules photographies anglaises, en mars 1917, de l'existence des fameuses *lignes Hindenburg.*

En 1917, l'aviation militaire anglaise fut pourvue d'appareils presque complètement automatiques, une hélice mue par le vent relatif de l'avion effectuant toutes manœuvres, sauf le déclenchement, laissé à la disposition du pilote, tandis que le passager se bornait, après épuisement de chaque magasin, à le remplacer par un magasin chargé.

Le problème des objectifs photographiques s'était posé en Angleterre avec la même acuité qu'en France ; pour permettre d'attendre le moment où la production serait suffisante, l'armée anglaise avait adopté un procédé qui eût paru, chez nous, anti-administratif : par la voie de la presse technique, elle offrit aux détenteurs d'objectifs de types appropriés leur rachat au prix fort, et, par la suite, rendit obligatoire la déclaration de ces objectifs. Les armées britanniques furent mises ainsi en possession d'un nombreux matériel.

Dans l'armée italienne.

L'armée italienne qui, dès le temps de paix, possédait un service photographique bien organisé pour la photographie à terre à grandes distances, ne développa pas dans les mêmes proportions ses services de photographie aérienne ; elle utilisa un appareil 13×18 de 0 m. 25 de foyer, construit sur le principe des anciens appareils « détective », toutes les manœuvres étant accomplies par l'action d'un levier, relié à l'appareil par une commande flexible ; ces appareils ne permettaient la prise que de douze clichés par reconnaissance ; adoptés par l'aviation française pour les reconnaissances à grande distance, ils furent transformés pour recevoir trente-six plaques, et rendirent alors d'excellents services. Ces appareils furent les seuls, de tous les appareils employés pendant la guerre, à être munis d'un obturateur d'objectif, tous les autres étant pourvus d'obturateurs de plaques.



MAGASIN GAUMONT A DOUZE PLAQUES 18×24

Ce magasin, type 1917, est employé par l'aviation française. On voit les positions successives du tiroir au cours d'un escamotage. Une plaque neuve est prise à l'arrière de la pile de plaques en réserve et poussée avec une remarquable facilité sous la plaque qui vient d'être impressionnée.

Dans l'armée allemande.

L'armée allemande avait attaché, dès le temps de paix, une grande importance à l'utilisation topographique de la photographie aérienne. Les » Vermessungs Abteilungen» (correspondant à nos groupes de canevas de tir d'armée) étaient munis d'appareils pour le *redressement* des photographies obliques (consulter *La Science et la Vie* n° 33, page 37), et, pour faciliter ce travail, un assez grand nombre des appareils photographiques d'aviation étaient munis d'indicateurs automatiques de pente.

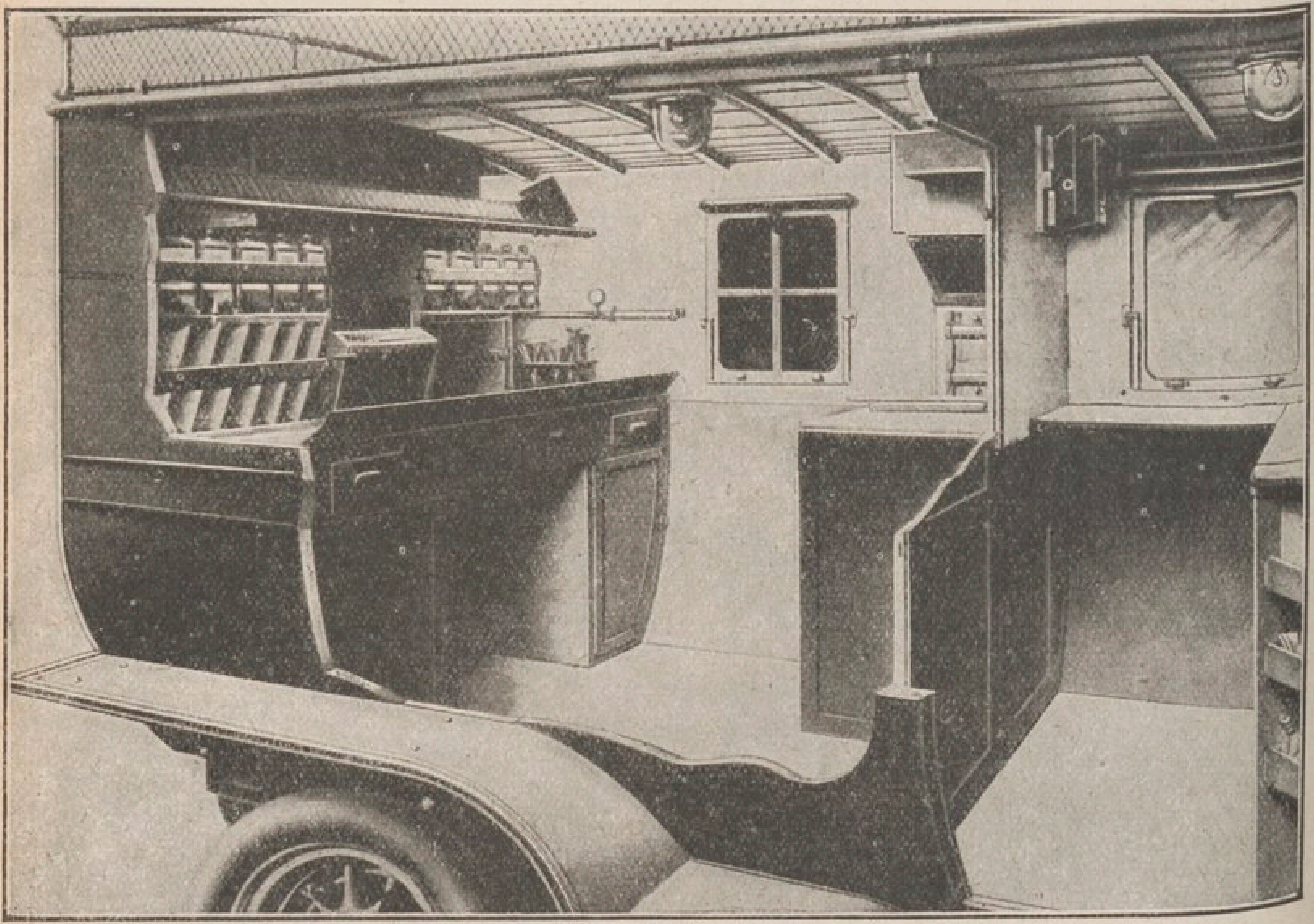
Malgré la supériorité traditionnellement attribuée à l'industrie optique d'outre-Rhin, les objectifs des appareils allemands de photographie aérienne étaient nettement inférieurs aux objectifs français et anglais et ne couvraient qu'assez mal des formats notablement inférieurs. Au début de la guerre, les Allemands possédaient exclusivement des appareils 9×12 de 0 m. 25 de foyer ; par la suite, ils utilisèrent des appareils 13×18 de 0 m. 50, 0 m. 70 et 1 m. 20

de foyer ; un appareil automatique à pellicules 5 × 25 (le plus petit côté parallèle à la marche), de 0 m. 22 de foyer, et, en 1918, un appareil 24 × 30 de 0 m. 50 de foyer. Tous ces appareils, à l'exception des deux derniers que nous venons de citer, étaient munis de magasins interchangeables à six plaques, emportés généralement en très grand nombre à chaque reconnaissance.

Tandis que, dans l'armée française, on s'attachait en général à assurer la verticalité de l'axe optique pendant la prise des clichés, les appareils étant, à cet effet, suspendus de façon convenable à l'intérieur du fuselage, les observateurs allemands préféraient presque toujours les photographies obliques, et les appareils étaient à peu près tous disposés de façon à être surtout employés à la main, exception faite, bien entendu, pour les appareils possédant un très long foyer.

En janvier 1917, l'escadrille de campagne n° 266 possédait deux appareils 9 × 12 de 0 m. 25, deux appareils 13 × 18 de 0 m. 50 et un appareil 13 × 18 de 0 m. 40. A la même époque, chaque armée disposait, en période active, de six escadrilles spécialement affectées à la photographie, dont trois pour les reconnaissances de premières lignes et trois pour les reconnaissances à longue portée. Chaque escadrille possédait une section de photographie (quatre photographes dont un sous-officier), installée sur le terrain, avec remorque-laboratoire. Chaque escadre (groupe d'escadrilles) possédait une section photographique plus importante avec dessinateurs et officiers chargés de l'interprétation rationnelle des clichés obtenus ; cette section était plus particulièrement chargée des agrandissements et de l'utilisation stéréoscopique des clichés exécutés par les escadrilles.

Chaque cliché ne donnait lieu qu'à un tirage assez limité ; en de très rares occasions, ce tirage atteignit quarante exemplaires, nombre qui ne fut jamais dépassé.



VUE INTÉRIEURE DE LA VOITURE PHOTOGRAPHIQUE AUTOMOBILE DE L'AVIATION MILITAIRE FRANÇAISE (TYPE MIS EN SERVICE EN 1915)

La partie postérieure (à gauche) constitue le laboratoire photographique proprement dit ; dans la partie antérieure est installé une sorte de petit bureau pour le personnel.

Dans les autres armées

Les armées belge, russe, roumaine, serbe et l'armée américaine étaient munies d'appareils identiques à ceux de l'armée française. L'aviation autrichienne utilisait les appareils allemands, mais ses opérateurs étaient, en général, assez médiocres.

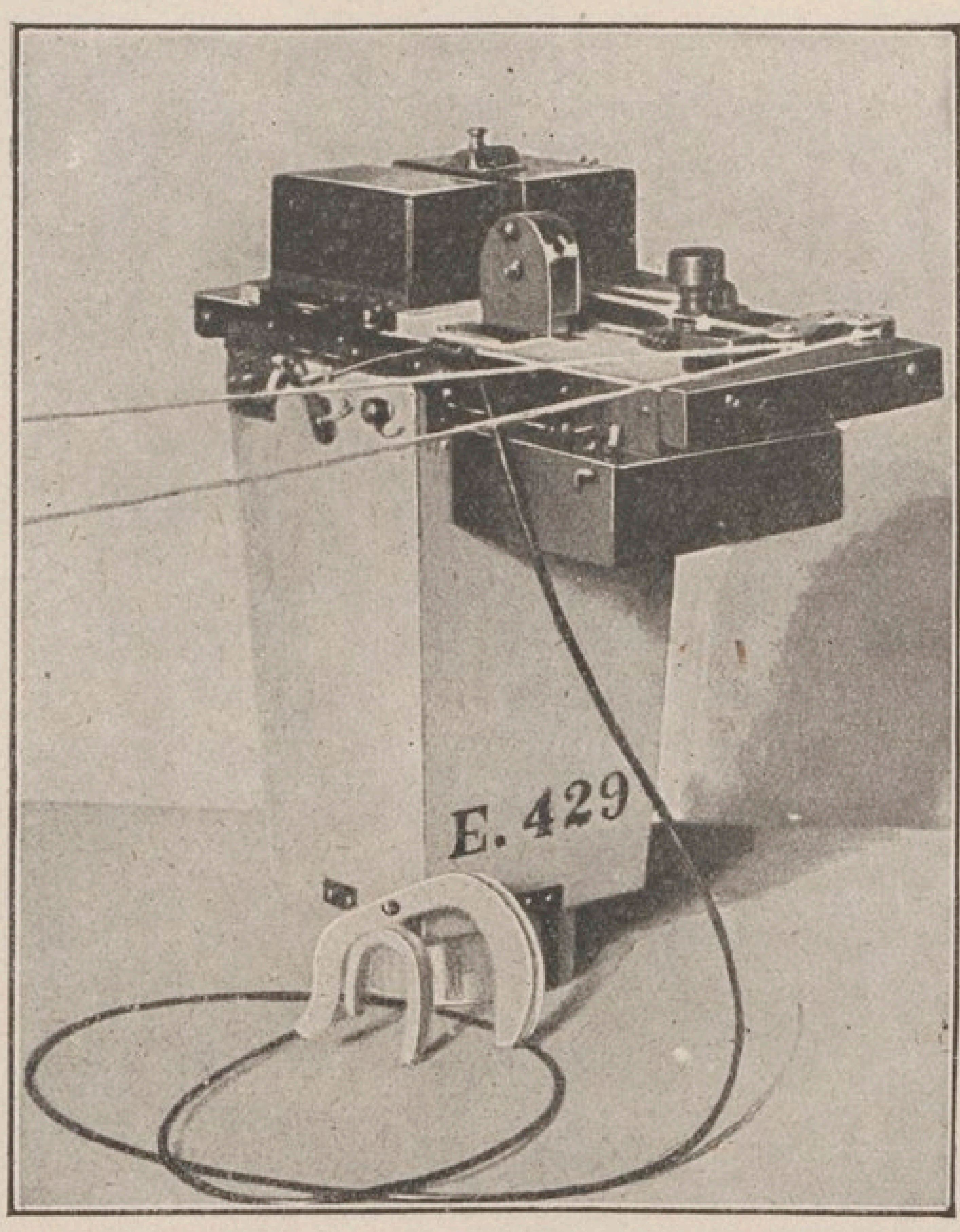
Technique spéciale de la photographie aérienne.

Les circonstances très particulières de la photographie aérienne à des hauteurs atteignant quelquefois 6.000 mètres commandent, en ce qui concerne tant la construction et l'usage des appareils que la technique photographique proprement dite, maintes conditions souvent très différentes de celles exigées par la photographie terrestre.

La distance considérable de l'appareil au sujet photographié impose l'emploi d'objectifs à long foyer, à l'exclusion des téléobjectifs, et oblige ainsi à se servir d'appareils lourds et encombrants, d'autant plus que les frais élevés de chaque vol exigent, pour en obtenir un rendement satisfaisant, que l'appareil soit muni d'un grand nombre de châssis ou de magasins.

Ces appareils ne peuvent guère être tenus à la main, car l'opérateur n'aurait alors aucune liberté de mouvements, et on cherche d'ailleurs, sauf dans des cas particuliers, à exécuter les photographies en visée verticale, de façon à ce qu'elles soient aussi peu différentes que possible d'une carte, tout au moins en région peu accidentée. Des suspensions doivent donc être réalisées, amortissant le mieux possible les vibrations du moteur, et évitant surtout les oscillations pendulaires, particulièrement préjudiciables à la netteté des images.

La très grande vitesse de déplacement de l'avion relativement au sol, d'autant plus gênante que la photographie est exécutée à une plus grande échelle (objectifs à long foyer ou vols à faible hauteur) astreint à des durées de pose extrêmement courtes, et à des manœuvres très rapides pour le changement de plaque et le réarmement de l'obturateur. Avec les objectifs à long foyer et très grande ouverture, on est astreint à l'emploi d'un obturateur de plaque, mais les diverses parties de l'image n'étant pas alors photographiées simultanément, l'image est déformée, sinon de façon très apparente, du moins dans une proportion non négligeable pour les applications topographiques.



APPAREIL PHOTOGRAPHIQUE DE L'AVIATION MILITAIRE ANGLAISE ($10 \times 12\frac{1}{2}$ ET $0^{m}25$ DE FOYER)

L'escamotage de la plaque impressionnée et l'armement de l'obturateur s'effectuent simultanément par la manœuvre de cordelettes. On déclenche au moyen d'une poignée placée à portée de la main et qu'un flexible relie à l'appareil.

Les vibrations du moteur tendent à provoquer le desserrage spontané de tous les vissages métalliques, et jusqu'à ce que des précautions spéciales eussent été prises, d'assez nombreux objectifs ou éléments antérieurs d'objectifs ont été perdus en vol; il est même assez curieux de signaler que plusieurs objectifs ont été retrouvés intacts après des chutes de plus de 2.000 mètres, la monture seule étant un peu bossuée, mais les lentilles restées en parfait état.

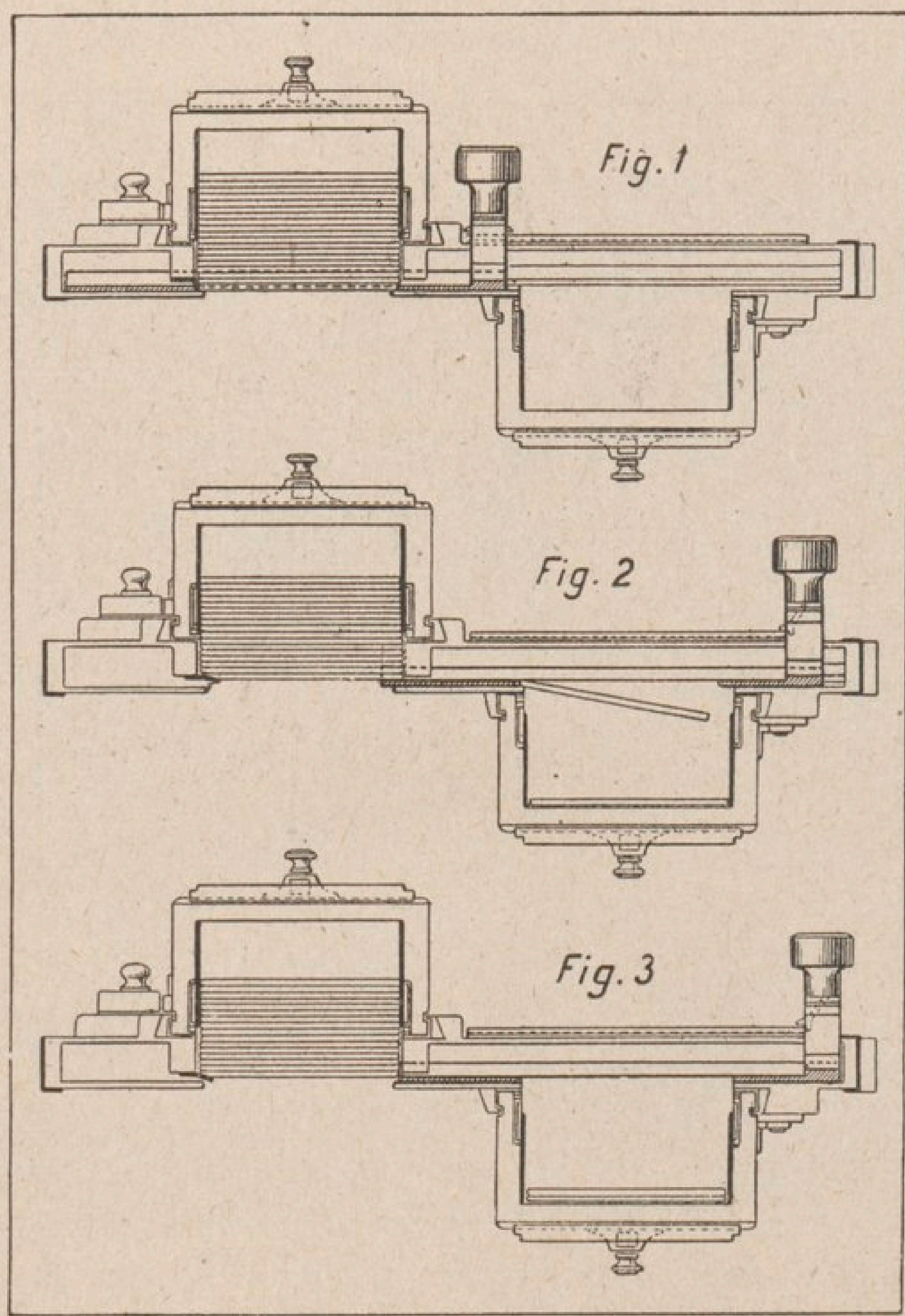
La vitesse considérable du vent, relativement à l'avion, et les pressions énormes qui en résultent tendent à provoquer des flexions ou des torsions de tous les organes insuffisamment rigides, non protégés par le fuselage ou par un carénage approprié.

Les poussières et l'humidité atmosphé-

rique arrêtent et diffusent vers l'avion une fraction considérable des radiations les plus actives sur la plaque photographique, et produisent ainsi, même par ciel très pur, un effet équivalent à celui d'une brume d'autant plus intense que la couche d'air entre l'appareil et le terrain photographié est plus épaisse. On atténue, sans pouvoir l'éviter, ce *voile atmosphérique*, comparable au voile qui noie l'image des lointains dans la photographie de paysages très découverts, par l'emploi de plaques orthochromatiques et d'écrans jaunes.

L'absence de contrastes entre les diverses luminosités du sol, qui, toutes, tendent à se confondre sur l'image en un gris uniforme, ne peut être compensée que par le tirage sur papiers spéciaux, dits à grands contrastes, dont la fabrication a été considérablement perfectionnée pendant la guerre.

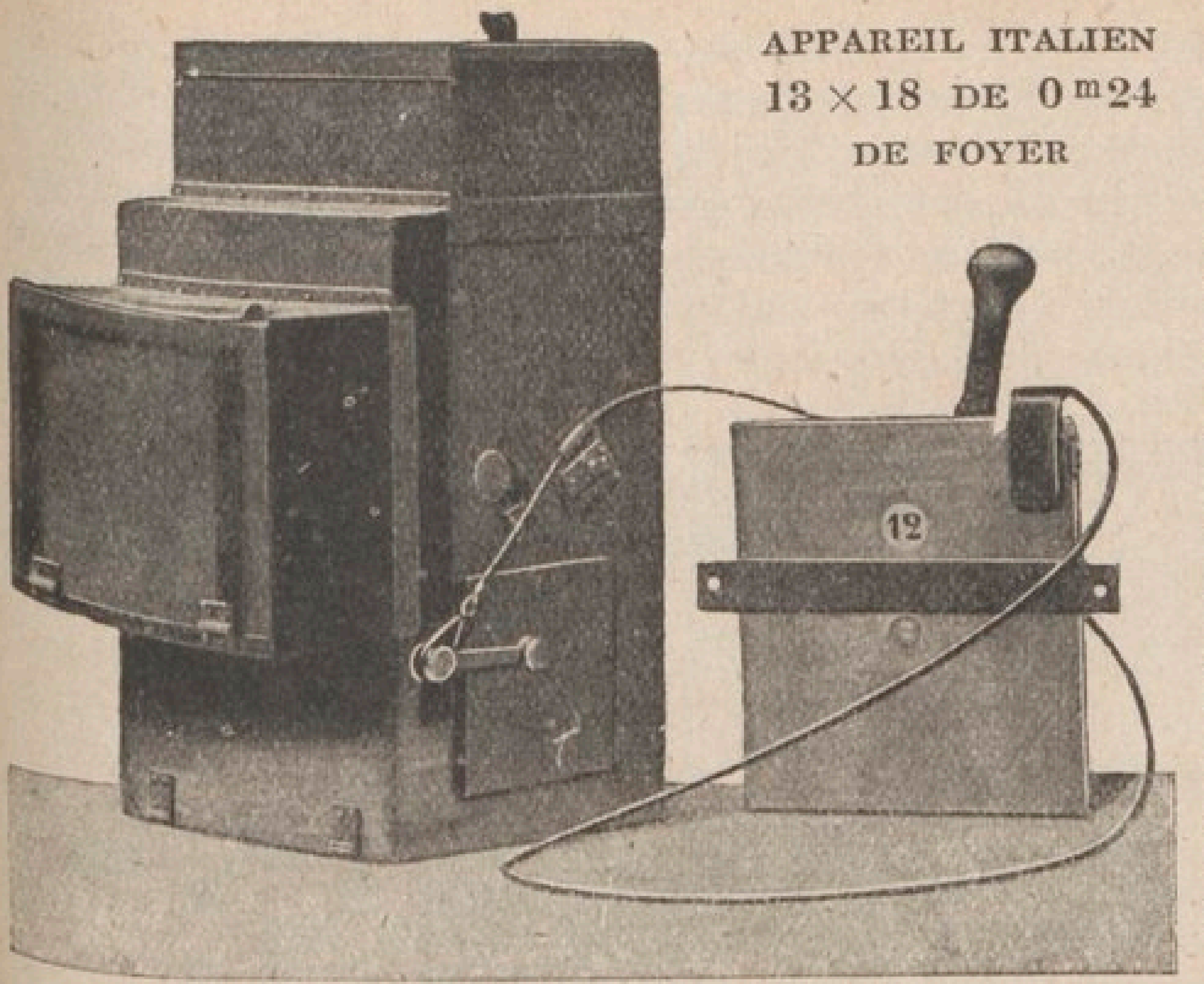
Les très basses températures, souvent inférieures à —30°, qui règnent habituellement aux grandes hauteurs, sont la cause de nombreuses difficultés : l'inégale contraction des divers matériaux, l'épaississement ou la solidification d'un grand nombre d'huiles de graissage, durcissement des cuirs ou des caoutchoucs employés dans les commandes par friction, les condensations d'eau et leur solidification à l'état de glace dans les organes de l'obturateur ou des châssis-magasins, déterminent des enrayages auxquels l'aviation allemande avait paré en adaptant à l'intérieur des appareils photographiques un réchauffeur électrique, alimenté par la génératrice de T. S. F. La variation de la distance focale de l'objectif et la contraction du corps de l'appareil tendent à compromettre le réglage de mise au point, surtout avec les objectifs à long foyer. L'observateur, malgré les vêtements épais et les gants superposés, a ses mouvements sinon paralysés, du moins très gênés, et n'a plus aucune délicatesse de toucher, d'où, souvent, des manœuvres brutales auxquelles ne résistent pas toujours les appareils même les plus solidement construits. En cas de descente, les lentilles de l'objectif se réchauffent plus lentement que les pièces métalliques et condensent alors l'humidité atmosphérique, celle-ci constituant un écran presque opaque si les verres n'ont pas été enduits d'un antibuée tel que le savon à la glycérine.



MAGASIN THORNTON PICKARD A DIX-HUIT PLAQUES

Dans ce dispositif, employé par l'aviation militaire anglaise, les plaques (10 × 12 ½) sont prises successivement dans le chargeur situé à la partie supérieure, amenées en position devant l'objectif, puis rejetées dans la boîte inférieure. Après épuisement des dix-huit plaques, on enlève la boîte contenant les clichés, puis on remet à sa place le chargeur vide que l'on remplace à son tour par un nouveau chargeur.

On peut se demander pourquoi, puisque les difficultés s'accroissent avec la hauteur de l'avion, on s'astreint à prendre les photographies à de grandes hauteurs. En temps de guerre, et par suite des perfectionnements



APPAREIL ITALIEN 13 × 18 DE $0^{m}24$ DE FOYER

Le levier que l'on voit à droite de l'appareil sert à effectuer semi-automatiquement toutes les manœuvres. Des coffres auxiliaires placés à gauche et en haut sur ces appareils employés par les aviateurs français permettent d'emmagasiner trente-six plaques (au lieu de treize primitivement).

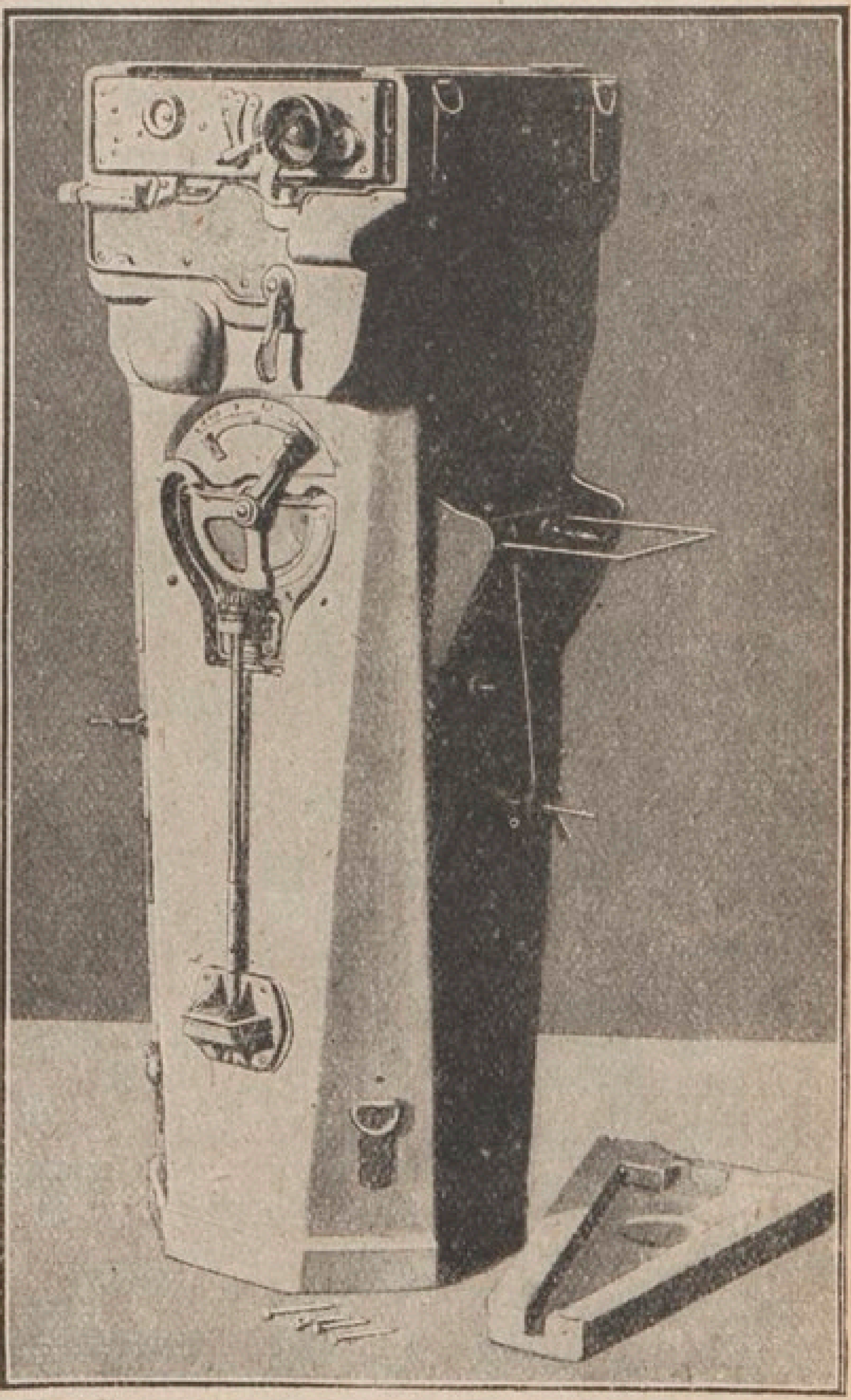
de la défense antiaérienne, les points intéressants devaient être survolés de plus en plus haut, et les reconnaissances à longue portée ne furent possibles que quand on disposa d'avions évoluant normalement à plus de 5.000 mètres. En temps de paix, tout au moins pour les applications topographiques, on est astreint aussi à n'opérer que très haut, les divergences entre la carte et la photographie d'un terrain accidenté étant d'autant plus grandes que la photographie est prise de plus bas, et les incertitudes sur l'altitude ayant une importance relative d'autant plus grande aussi que cette altitude est moindre. (Exemple à la page 428.)

En règle générale, de bons résultats ne peuvent être obtenus de façon régulière que par un observateur déjà accoutumé aux voyages aériens, rompu à la lecture de la carte, connaissant de façon parfaite le maniement de l'appareil photographique qu'il se propose d'employer, et ayant étudié de façon minutieuse, en parfait accord avec son pilote, tous les détails de l'itinéraire qui lui est assigné. Il est, en particulier, très désirable — il est même élémentaire — qu'un observateur photographe sache que les plaques photographiques ne doivent pas être mises en pleine lumière, sous prétexte de vérifier leur qualité ou le mode de chargement du magasin, ou encore pour différencier de façon plus apparente les châssis renfermant les plaques exposées dans l'appareil.

Lecture et interprétation.

Indépendamment de toutes préoccupations topographiques, ou parallèlement à celles-ci, la lecture et l'interprétation des photographies aériennes a joué, pendant la guerre, un rôle considérable, la photographie aérienne, et surtout la photographie verticale, constituant une mine inépuisable de renseignements pour qui sait la lire. En tous les cas, cette étude nécessaire est grandement facilitée par l'examen stéréoscopique et par la comparaison des photographies récentes avec les collections de photographies antérieurement exécutées sur le même point.

Les premières études complètes



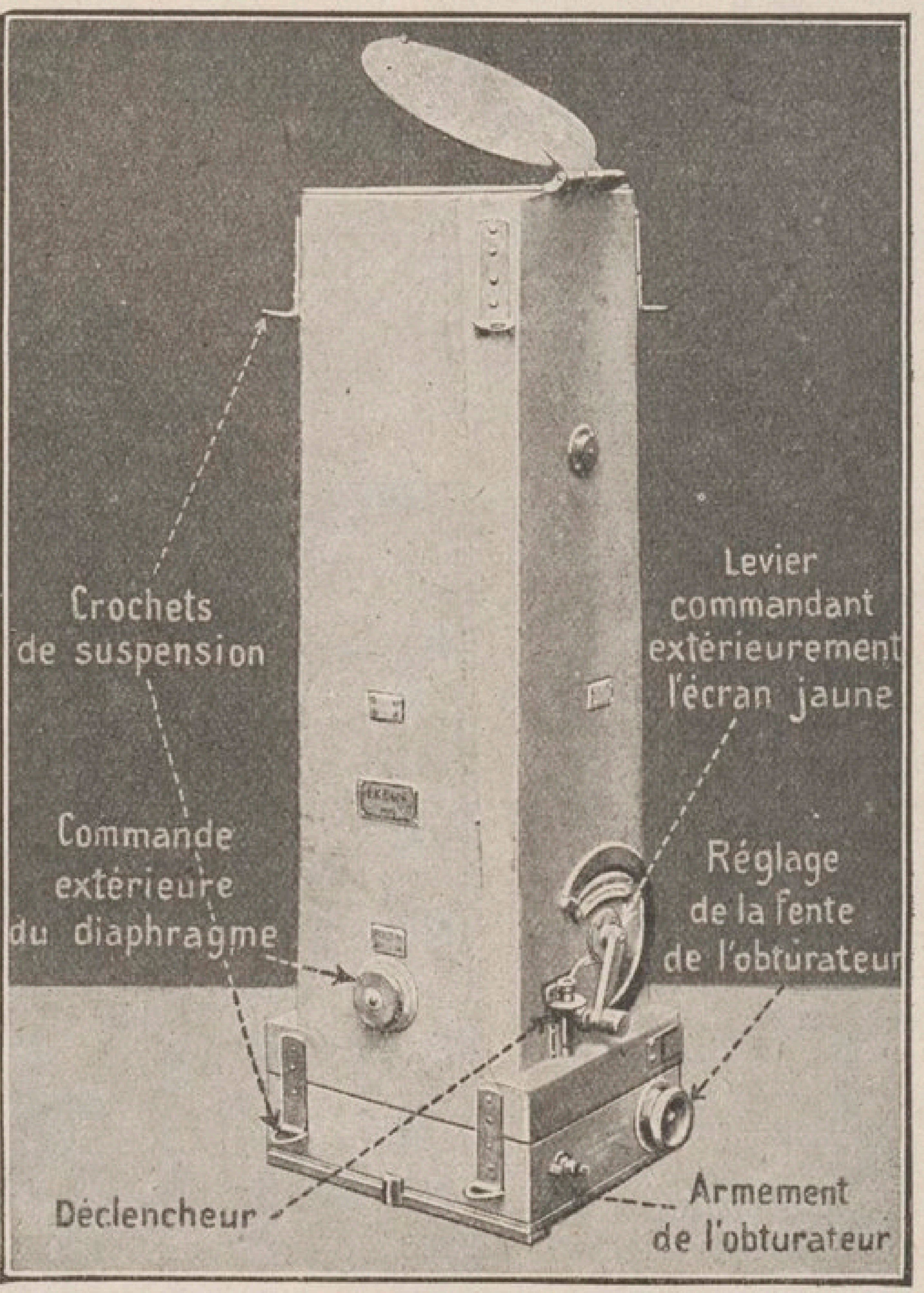
APPAREIL ALLEMAND 13 × 18 (1916)

Le corps en bois, contreplaqué et entoilé, est visible, ainsi que le mécanisme du diaphragme, le carter de bois ayant été enlevé. En haut, on voit l'obturateur (amovible) et ses organes de commande; le magasin à six plaques a été enlevé. Les anneaux fixés en haut et en bas du corps servent à la suspension par sandows.

de photographies aériennes furent faites en Artois, au début de 1915, par le général Arnoux qui, complétant ses observations par les renseignements recueillis en première ligne auprès de ses sapeurs, établit sur calques du cadastre le plan détaillé des organisations allemandes de Carency, d'Ablain-Saint-Nazaire et de Neuville-Saint-Vaast. La minutie des détails qu'il avait ainsi relevés, et qui avaient échappé à beaucoup d'observateurs, le fit un peu considérer comme un visionnaire, jusqu'à ce que la prise de ces villages par nos troupes vint confirmer l'impeccable logique et la rigoureuse exactitude de ses déductions. Les attaques de Champagne et d'Artois en septembre 1915 furent l'occasion de nouvelles vérifications sur place, et, par la comparaison des photographies aériennes et des photographies prises à terre des mêmes organisations, fournirent de précieux documents d'étude.

Dès cette époque, l'interprétation des photographies aériennes était considérée, par les divers états-majors, comme le moyen le plus fructueux d'information sur l'organisation défensive et les intentions offensives de l'adversaire. On en usa très largement.

Pour porter tous ses fruits, l'interprétation exige évidemment un certain apprentissage et un travail patient et méthodique. Le bon interprétateur ne doit jamais oublier que ses déductions, si logiques soient-elles, ne peuvent généralement être considérées que comme des hypothèses, jusqu'à vérification par quelque autre source de renseignements (observateurs terrestres, sections de repérage au son ou par les lueurs, patrouilles, interrogatoires de prisonniers, contre-espionnage, etc.).



APPAREIL 13 × 18 ALLEMAND, DE 0 m50 DE FOYER (CE TYPE A ÉTÉ CRÉÉ EN 1917)

Le corps, en bois, est contreplaqué et entoilé. Le volet automatique de protection contre les projections d'huile ou de boue que l'on voit en haut, sur la photographie, est orienté vers le bas quand l'appareil occupe sa position normale de service.

Sans vouloir entrer ici dans le détail des modes opératoires de l'interprétation, qui ferait la matière d'un volume, mentionnons, parmi les organisations décelées sur les bonnes photographies aériennes : les batteries, les emplacements de mitrailleuses et de minnenwerfer, les entrées d'abris ou leurs cheminées d'aération, les observatoires, les réseaux téléphoniques, aériens ou enterrés, les tranchées et leurs défenses accessoires, les boyaux, les voies ferrées, les pistes, les gares de ravitaillement, les parcs, les points d'eau, les bivouacs et les cantonnements.

On peut, par cette énumération, volontairement incomplète, juger des services incomparables rendus au commandement par nos opérateurs.

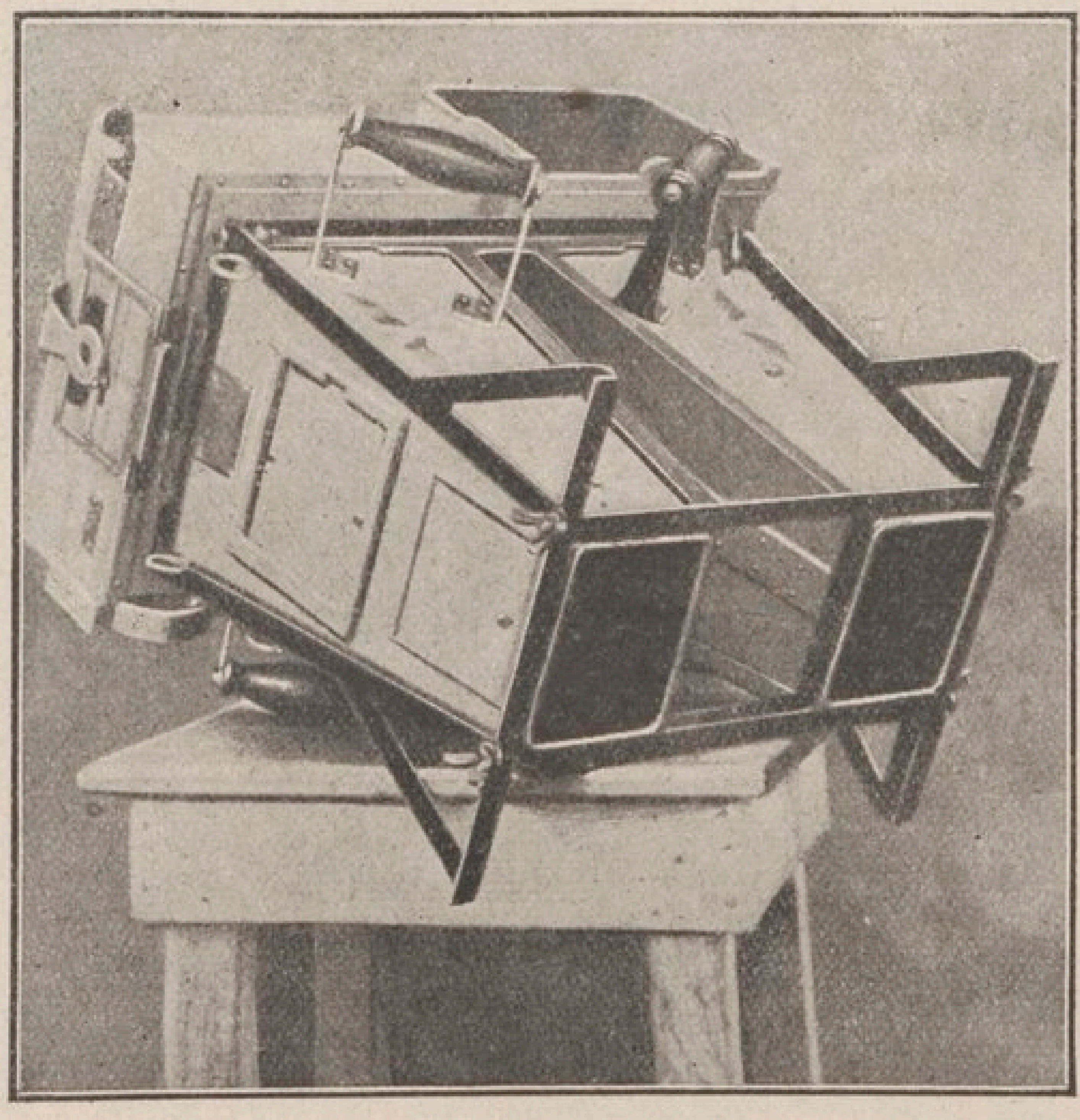
Stéréoscopie aérienne.

Quand deux photographies ont été exécutées à intervalle convenable, 500 mètres, par exemple dans le cas de photographies verticales prises à 4.000 mètres de hauteur avec un objectif de 0 m. 52 de foyer, on

peut, au moyen de la partie commune à ces deux photographies, constituer un couple stéréoscopique dont l'examen révèle avec une netteté saisissante tous les mouvements et tous les reliefs du terrain, qui paraissent être considérablement exagérés.

La stéréoscopie a permis de déjouer les plus habiles camouflages, et de mettre en évidence maints détails qui, sans elle, auraient passé complètement inaperçus.

La photographie stéréoscopique n'est pas seulement intéressante dans le cas de visées verticales ; elle fournit aussi de très précieux renseignements sur les mouvements du terrain dans une région étendue, quand on utilise des photographies panoramiques, exécutées en visée à peu près horizontale, mais l'écart entre les deux prises de vue correspond à un parcours d'une centaine de mètres environ, soit quelques secondes seulement, et il est alors à peu près impossible, comme on le fait pour la stéréoscopie verticale, de n'utiliser qu'un seul appareil, car on n'aurait pas alors le temps matériel nécessaire pour escamoter la première plaque et se préparer à prendre la seconde ; on a donc tourné la difficulté en accouplant deux appareils, que l'on déclenche successivement à l'intervalle désiré. (Voir la photographie ci-dessus.)



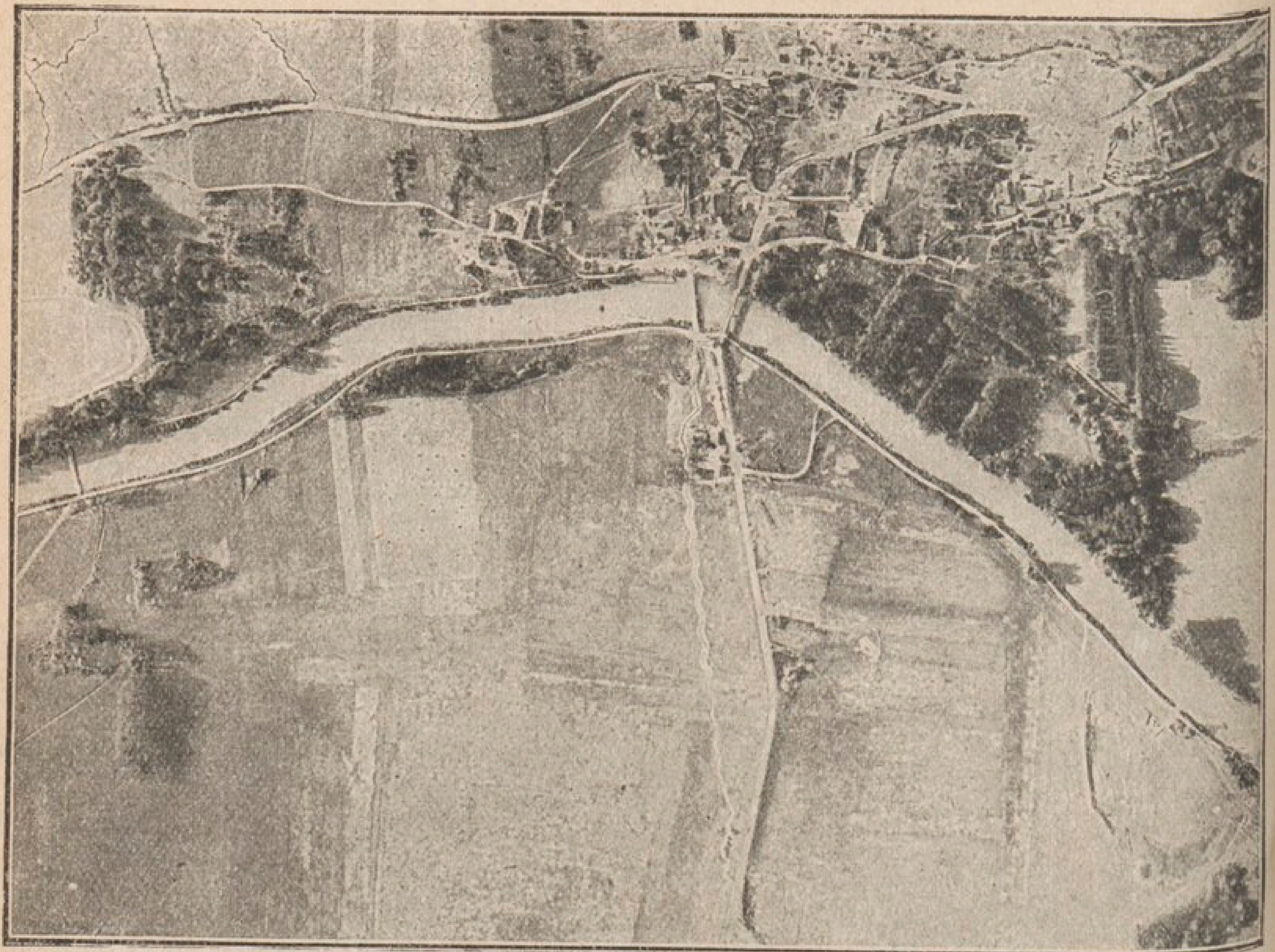
ACCOUPLEMENT DE DEUX APPAREILS FRANÇAIS 13×18, DE $0^{m}26$ DE FOYER

On emploie ce dispositif pour la stéréoscopie panoramique. Les deux déclenchements ont lieu à quelques secondes d'intervalle, tandis qu'il serait très difficile, avec un seul appareil, de prendre les deux photographies dans un temps aussi court.

Il ne peut, en aucun cas, être question de déclenchement simultané de deux appareils jumelés, comme on le fait en stéréoscopie habituelle, toute sensation de relief disparaissant au delà d'une distance d'autant plus courte que les objectifs sont plus rapprochés, une vingtaine de mètres environ quand les objectifs sont à l'écart des yeux.

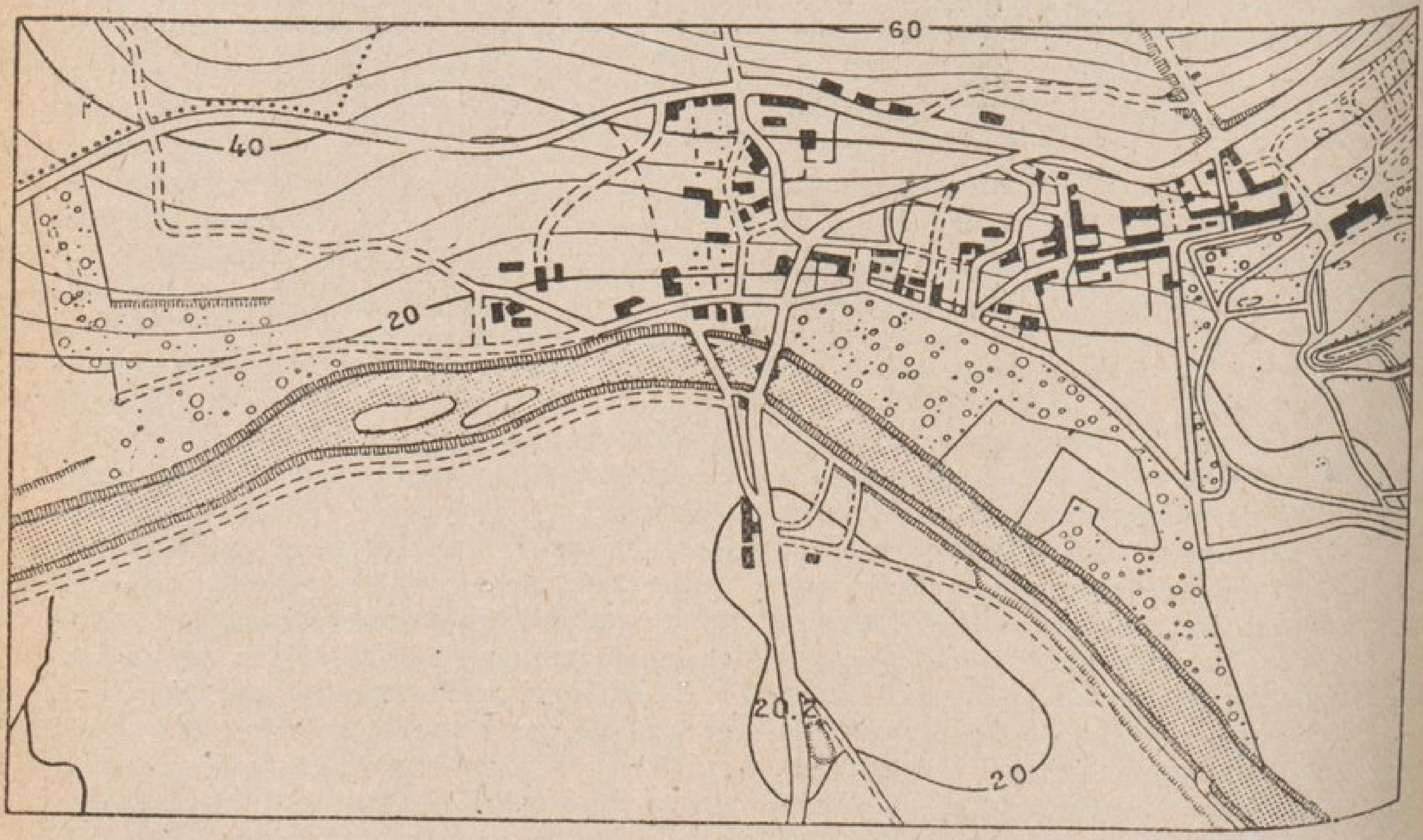
Application à la topographie.

Une photographie aérienne, quelque précieuse qu'elle soit en tant que document cartographique, ne peut être confondue avec une carte, lors même qu'elle serait exécutée sur plaque rigoureusement horizontale, ce qu'il est à peu près impossible actuellement de garantir : les parties du terrain les plus élevées sont reproduites à une plus grande échelle et glissent sur leur base en s'écartant du centre de la photographie (conséquence de la projection conique) ; si donc on suppose qu'un méridien, par exemple, soit matérialisé sur le sol, en terrain quelque peu accidenté, cette ligne, figurée sur la carte par une droite, sera représentée sur les photographies par une ligne ondulée. Ces ondulations étant de sens inverse sur deux photographies exécutées de part et d'autre de la ligne considérée, l'assemblage de ces deux photographies présentera des lacunes (points les plus hauts de la ligne de jonction) et des doublés (points les plus bas). La déformation des images due à l'emploi de l'obturateur de plaque et à la réfraction atmosphérique pour les rayons lumineux traversant obliquement l'atmosphère, l'incertitude sur la position de l'avion au moment de la prise de la vue hauteur de l'avion, et emplacement sur le sol du pied de la station), le doute sur la valeur de la distance principale (distance du centre optique à la plaque photographique) et sur la position du point principal (pied de la perpendiculaire abaissée du centre optique sur la plaque) dans des appareils qui n'ont pas



FRAGMENT D'UNE PHOTOGRAPHIE AÉRIENNE EXÉCUTÉE A 2.600 MÈTRES

On s'est servi, pour cette reconnaissance, de l'appareil français 13 × 18 à 0 m. 26 de foyer. Il est curieux de comparer cette photographie avec la carte militaire que nous donnons ci-dessous.



LEVÉ A LA PLANCHETTE DE LA RÉGION QUE MONTRE LA PHOTO CI-DESSUS

On peut remarquer d'assez nombreuses divergences entre cette carte et la photographie, exécutée à la même échelle, antérieurement à la confection de la carte. Deux îles, notamment, n'existent pas sur la photo.

été construits en vue de levés topographiques de précision, sont autant de causes d'erreurs rendant sinon impossible, du moins extrêmement difficile l'exécution, par le seul emploi de la photographie aérienne, d'une carte précise à grande échelle.

En revanche, la photographie aérienne, *dirigée par des topographes*, et exclusivement par eux, sera de beaucoup le moyen le plus parfait dont on puisse disposer pour « remplir » un canevas levé à terre par les procédés dite région, un réseau trigonométrique permettant, au fur et à mesure, d'utiliser les mêmes documents photographiques pour la construction d'une carte à plus grande échelle.

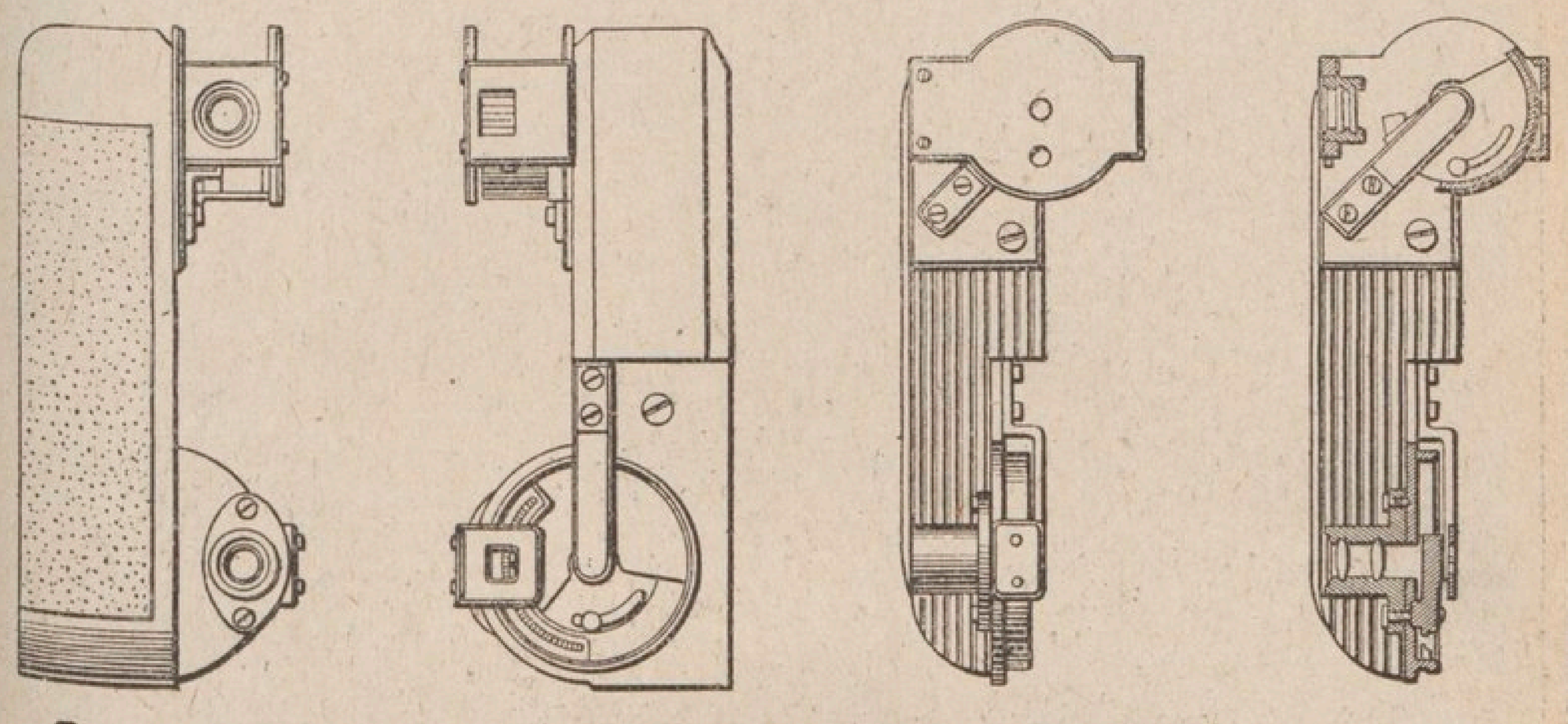


Fig. 1 Fig. 2 Fig. 3 Fig. 4

INDICATEUR DE PENTES ADAPTÉ A CERTAINS APPAREILS EMPLOYÉS A BORD DES AVIONS ALLEMANDS POUR LA PHOTOGRAPHIE AÉRIENNE

Le perpendicule supérieur entraîne un cylindre en verre avec graduation angulaire dont l'axe est parallèle à l'un des côtés de la plaque. Le perpendicule inférieur entraîne un secteur en verre avec graduation angulaire dont l'axe de rotation est parallèle à l'axe de l'objectif. De petits objectifs auxiliaires projettent sur la plaque les images des deux graduations en même temps que celles de repères fixes. La lecture des graduations ainsi enregistrées permet de calculer l'angle de la plaque avec une verticale et de déterminer sur cette plaque la direction des horizontales, en vue de l'utilisation cartographique des photographies.

ordinaires de la topographie, ou, mieux encore, par les procédés de la métrophotographie, créée en France par A. Laussedat et pratiquée par tous les grands services topographiques officiels, sauf en France.

En particulier, la photographie aérienne est tout indiquée pour la réfection de la carte de France au 1/80.000e, en retard de plus de quarante ans, et dont les erreurs les plus grossières ont échappé à tous ceux qui ont périodiquement procédé à sa révision.

Enfin, avec des précautions convenables, la photographie aérienne peut, à elle seule, permettre le lever à petite échelle (1/200.000e, par exemple) de régions inaccessibles, sauf à profiter ultérieurement de toutes les occasions de pénétration pour établir, dans la

Applications diverses.

En outre de ses applications tactiques ou topographiques, la photographie aérienne se prête à de nombreuses applications commerciales, soit en vue de la publicité (vues d'usines « à vol d'oiseau »), soit en vue de l'édition (vues pittoresques, cartes postales, albums, illustrations de guides ou d'ouvrages géographiques), soit enfin en vue des études d'architecture, le plan d'un monument pouvant être très aisément levé avec une grande précision d'après une photographie aérienne à grande échelle.

Signalons encore une très intéressante application de la photographie aérienne actuellement réalisée par un architecte distingué, consistant à sensibiliser la surface d'un plan en relief et à y projeter photographiquement l'image du terrain correspondant d'après des photographies aériennes, le plan en relief perdant ainsi son aspect schématique pour devenir une vivante image du sol.

L.-P. CLERC.

DÉSAMORÇAGE D'UNE TORPILLE ALLEMANDE D'AVION AU LABORATOIRE DE VILLEJUIF (SEINE)

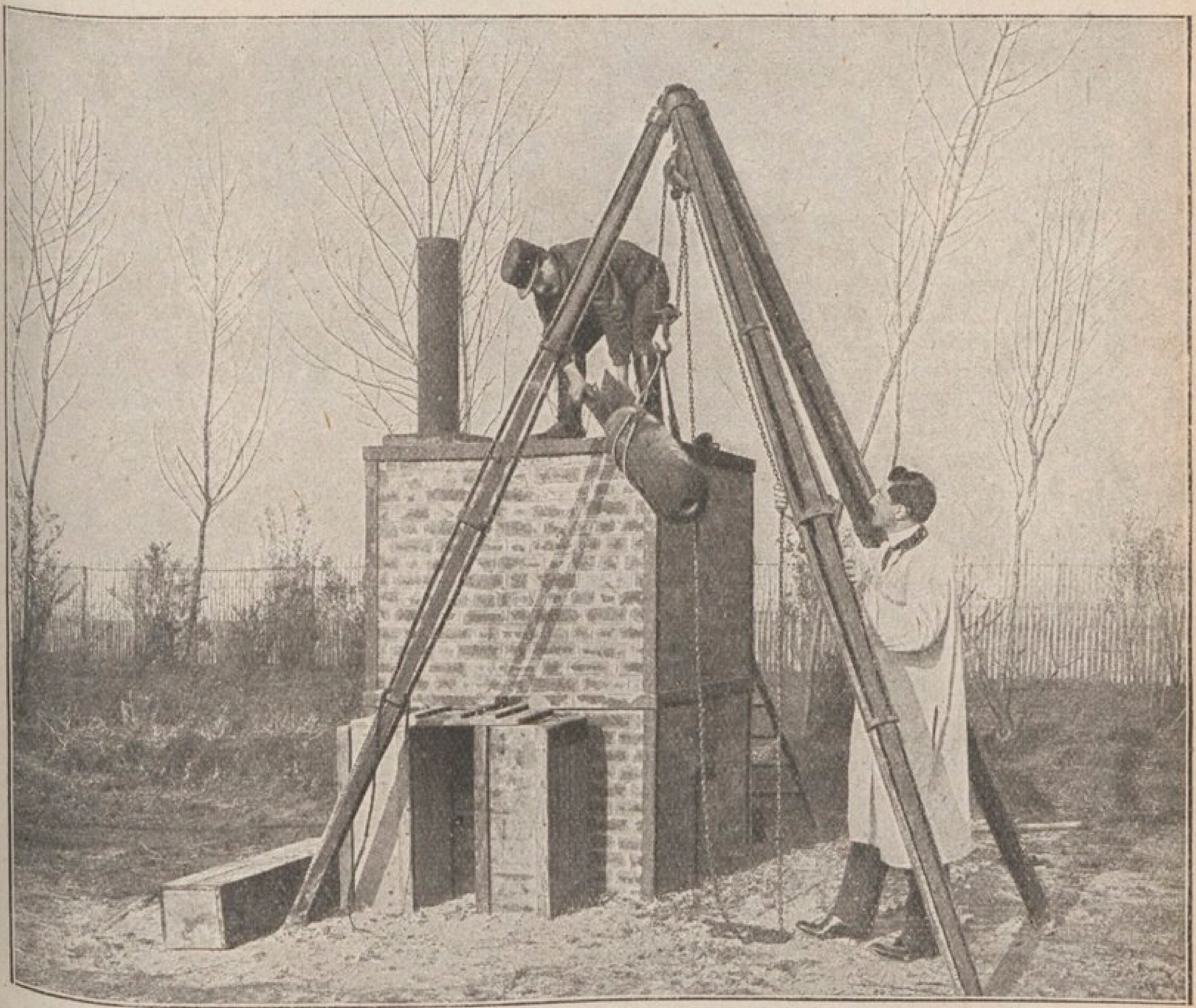
CE LABORATOIRE EST UNE ANNEXE DU LABORATOIRE MUNICIPAL DE PARIS

Quand les engins lancés sur la capitale ou sa banlieue par les dirigeables ou les avions allemands n'éclataient pas, on les désamorçait soit sur les lieux mêmes de leur chute, soit à Villejuif.

L'EXAMEN DES ENGINS ALLEMANDS LANCÉS SUR PARIS ET SA BANLIEUE

Par Féiix DELATOUR

DEPUIS le commencement de la guerre, Paris fut l'objet des convoitises de l'Allemagne, mais la vaillance de nos soldats empêchant les armées ennemies de l'atteindre, le kaiser et son grand état-major songèrent à utiliser la voie des airs pour frapper traîtreusement les habitants de la Capitale. Ces bombardements, d'abord par avions ou par zeppelins, puis par les canons à longue portée dits « Berthas » réussirent bien à tuer quelques centaines de citadins, à démolir des maisons et à percer la voûte d'une église, mais ils aboutirent au résultat contraire à celui qu'avaient escompté leurs auteurs : loin d'abattre le courage des Parisiens, ils stimulèrent leur énergie, suscitèrent des représailles de la part des escadrilles alliées et une réprobation universelle contre ces barbares méthodes de guerre. Les aviateurs du camp retranché se montrèrent d'ailleurs de vigilants défenseurs du foyer de la civilisation française, en empêchant souvent les sinistres oiseaux teutons de survoler la Ville-Lumière. Selon la fière devise



TORPILLE AÉRIENNE INTRODUITE DANS UNE CHAUDIÈRE SPÉCIALEMENT AMÉNAGÉE POUR OBTENIR LA FUSION DU COMPOSÉ NITRÉ QUE RENFERME L'ENGIN

de l'antique Lutèce, la nef qui portait ses destinées allait être de nouveau ballottée par la tempête, secouée par de formidables explosions, mais elle ne devait pas sombrer sous les coups réitérés que lui portaient lâchement les vandales d'outre-Rhin !

Lorsque les divers engins lancés par l'aviation allemande n'éclataient pas, les fonctionnaires du Laboratoire municipal de la Ville de Paris se rendaient sur les lieux de leur chute. Là, ils procédaient à un désamorçage immédiat. Puis, après avoir enlevé les fusées, ils emportaient les projectiles avec les précautions requises et les transportaient dans l'annexe du laboratoire consacrée spécialement à l'étude des explosifs et installée à Villejuif (Seine).

Une fois ces opérations préliminaires de sécurité effectuées, on prélevait une petite quantité de l'explosif pour sa détermination avant son enlèvement complet du projectile. S'il s'agissait, par exemple, de tolite, on l'épuisait à l'aide d'un dissolvant, puis on en poursuivait l'analyse selon les méthodes habituelles. Quand on savait à quoi s'en tenir sur la charge explosive de la bombe, on dirigeait celle-ci vers un fourneau spécial, installé en plein air, puis au moyen d'un palan on la hissait dans une chaudière afin de faire fondre le composé nitré qu'elle renfermait et de pouvoir le retirer ultérieurement. Enfin, s'il était impossible de désamorcer l'engin en enlevant la fusée, ni de l'ouvrir au tour sans danger, on procédait à sa destruction dans un puits spécial. Pour cela, on le déposait au fond d'un trou après l'avoir muni d'un pétard de mélinite ou d'une cartouche de dynamite qu'on reliait à un

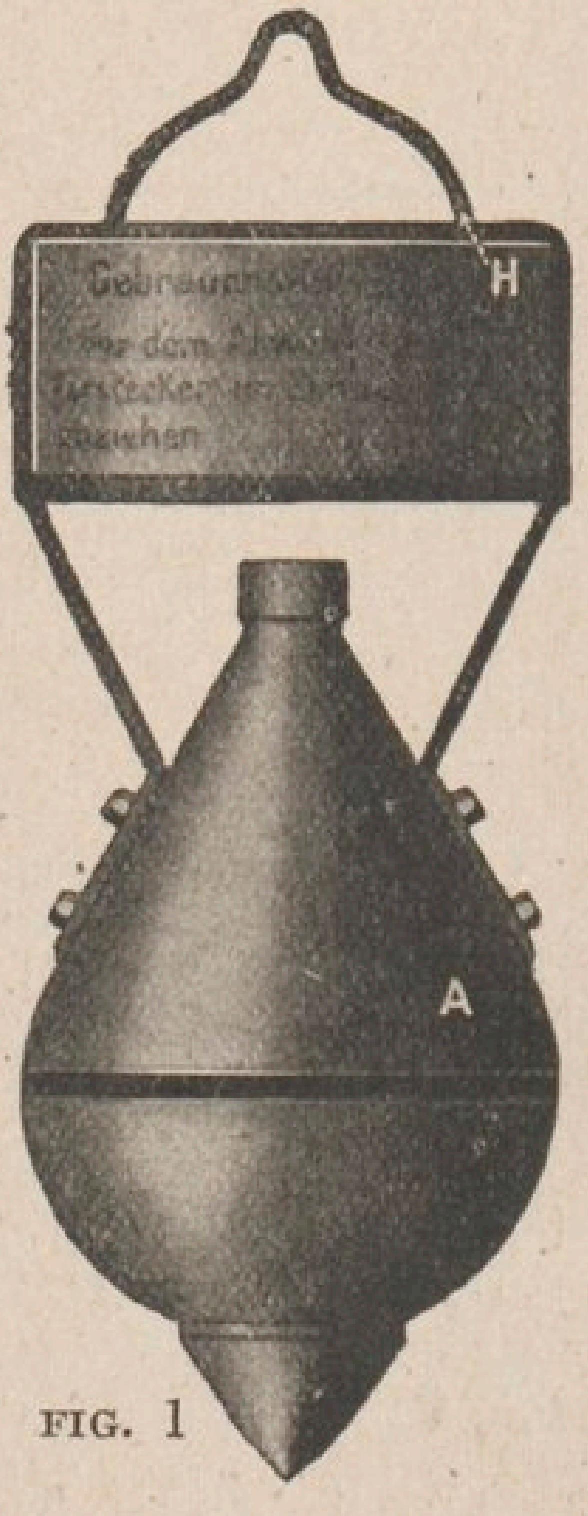


FIG. 1

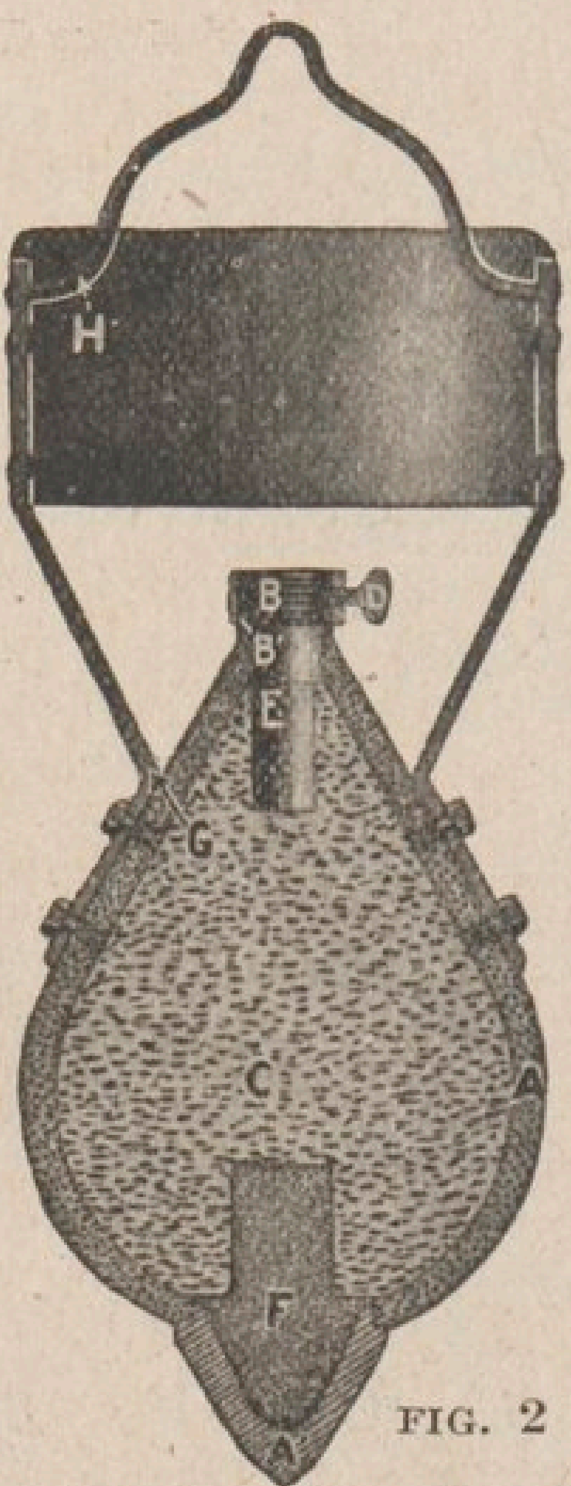


FIG. 2

BOMBE EXPLOSIVE PIRIFORME A PAROIS ÉPAISSES TROUVÉE DANS LA BANLIEUE

Le corps en fonte A *(fig. 1), qui se manœuvre au moyen d'une anse* H, *est une poire creuse percée en haut et en bas de deux orifices filetés. Une bague* B' *(fig. 2), serrée par une vis* D, *renforce le trou supérieur* B *et fixe la fusée percutante à un détonateur secondaire* E. *Quant à l'orifice inférieur, un bouchon creux* A, *servant de logement au détonateur* F, *l'obture fortement.*

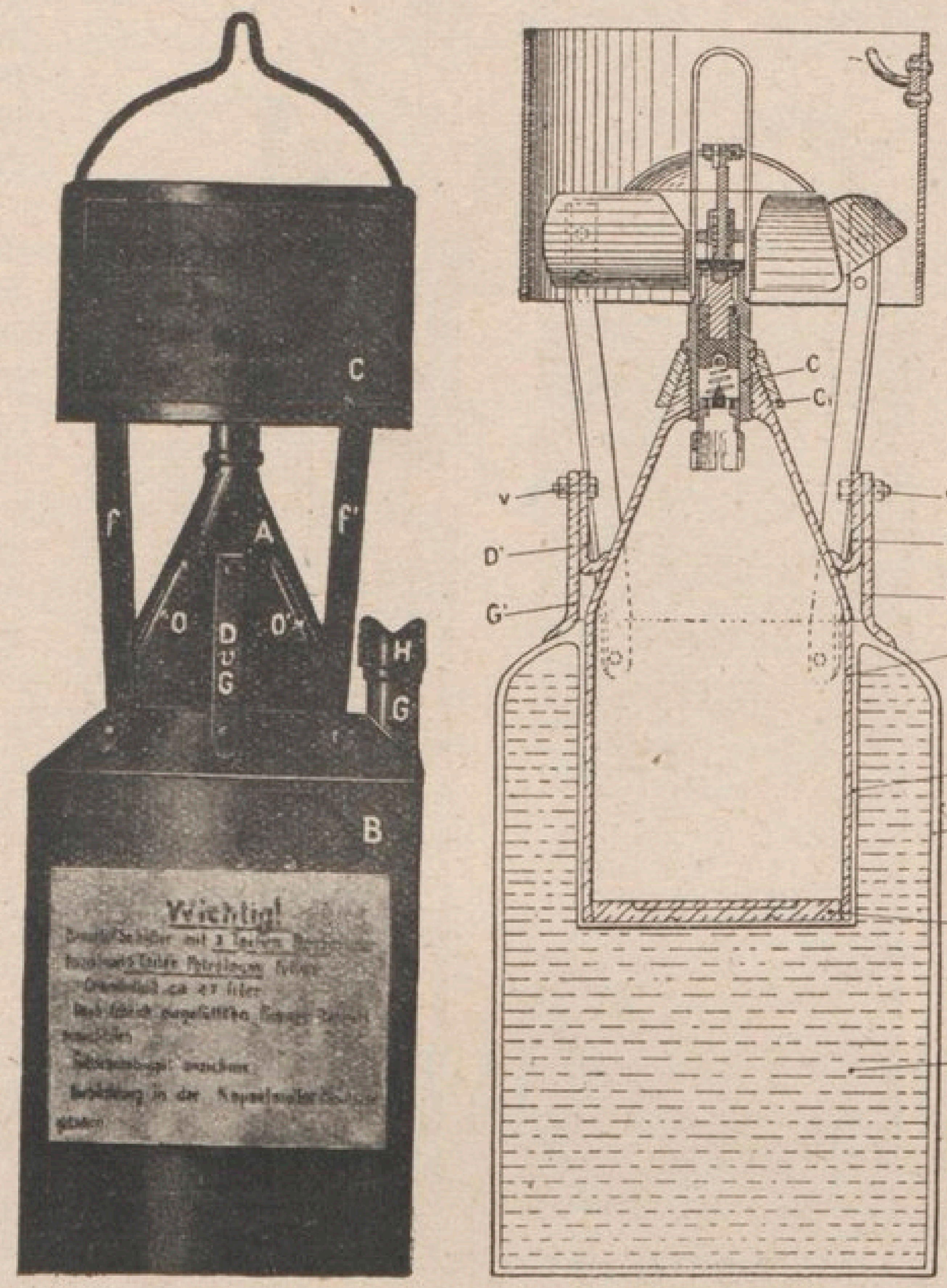
cordon Bickford. L'homme allumait alors la mèche, puis se retirait à l'écart. L'éclatement du pétard ou de la cartouche provoquait par sympathie celui du projectile dont les parois du puits retenaient les éclats.

Maintenant que l'Allemagne est terrassée et que ses bombardiers ne survolent plus notre territoire, M. Daniel Florentin, chargé du service des explosifs au Laboratoire municipal, peut se livrer à des opérations moins périlleuses ; il poursuit ses analyses et ses recherches scientifiques sans craindre les alertes continuelles des terribles années de la guerre. Cicerone aimable et expert, il a bien voulu nous faire les honneurs de la collection des principaux types de bombes ou d'obus ennemis, réunis par les soins de M. André Kling, le savant directeur du Laboratoire municipal de Paris. Nous allons donc parcourir cet original musée, en attendant son inauguration officielle... ou le transfert des engins historiques qui le composent à Carnavalet, par exemple, — comme on a proposé de le faire. Dans notre visite, nous suivrons, autant que possible, l'ordre chronologique.

Arrêtons-nous d'abord devant les premières bombes lancées par des taubes, qui tombèrent sur Paris le dimanche 30 août 1914, vers 7 heures du matin. Les pilotes allemands recommencèrent le lendemain, mais sans grand dommage et même, parfois, au début de leurs incursions, ils se contentèrent de jeter des tracts ou des papillons annonçant leur prochaine entrée triomphale dans la Capitale ! Si bien qu'en 1914, Paris reçut seulement quarante-cinq engins au total, dont dix-sept dans la seule journée du 11 octobre. C'était le temps où

l'on se moquait de ces petits projectiles (bombes incendiaires cylindro-coniques, bombes sphériques explosives et bombes piriformes) que les aviateurs allemands envoyaient vers 4 heures du soir. Parisiens et Parisiennes de tous âges, ouvriers ou bourgeois, femmes du monde ou munitionnettes se donnaient alors rendez-vous sur la place de la Concorde, au parc de Montsouris ou sur la butte Montmartre afin de mieux voir les scènes de bombardements qu'ils avaient surnommées des « five o'clock taubes », dans leur langue imagée et gouailleuse ! Sans grande témérité, du reste, on pouvait ne pas trop redouter ces engins qui, pesant de trois à quatre kilos cinq cents ne possédaient qu'une assez faible puissance explosive.

La *bombe incendiaire cylindro-conique*, que les dirigeables allemands lancèrent également lors de leurs premiers raids, se compose d'un cylindre en tôle terminé à sa partie inférieure par un fond rapporté muni d'une pyramide triangulaire et à l'extrémité supérieure duquel se visse un tronc de cône en tôle, dont la petite base présente un filetage intérieur destiné à recevoir la fusée. Exclusivement destinées à mettre le feu aux substances inflammables voisines de leurs points de chute, ces bombes explosaient aussitôt après avoir traversé la toiture des édifices y causant quelques dégâts par suite de la déflagration de la poudre noire qu'elles renfermaient, mais la projection de leur composition incendiaire (mélange de poudre d'aluminium, de nitrate de potasse, sulfure d'antimoine, résine et trinitrotoluène enveloppé dans de la toile et disposé autour d'un tube central) remplissait très imparfaitement son rôle. Nous ne pouvons que nous en féliciter.



BOMBE INCENDIAIRE CYLINDRIQUE D'AVION

(Vue en élévation et coupe verticale.)

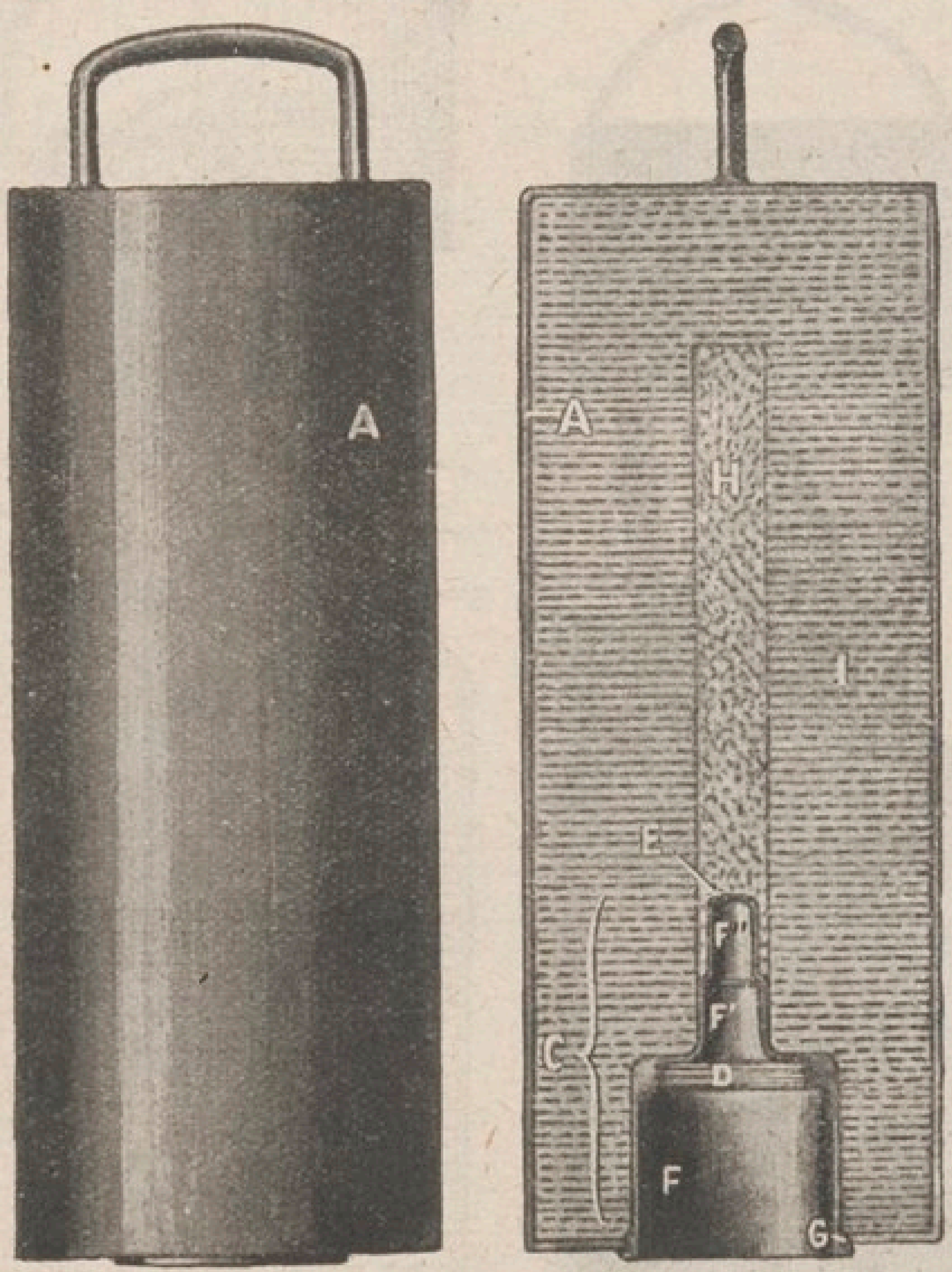
Le corps de la bombe présente deux parties superposées A *et* B *en tôle. Deux oreilles,* f *et* f', *soudées le long de la bague tronconique* C, *fixent cette dernière au réservoir à doubles parois* B *qu'on remplit de benzol et de pétrole au moyen de la tubulure* G *obturée par le bouchon* H. — C, C_1, *bague tronconique ;* D D', *oreilles ;* G G', *montants ;* V, V, *écrous de serrage ;* L, *mélange incendiaire.*

Les grosses *bombes incendiaires* des dirigeables ennemis ne produisirent pas des effets beaucoup plus terribles. Soit sous leur forme *cylindrique* (raids des zeppelins sur l'Angleterre), soit sous leur forme *tronconique* (raid des zeppelins sur Calais et Paris), ces engins provoquèrent seulement des commencements d'incendie que parvinrent à éteindre quelques seaux d'eau. Le modèle le plus fréquemment employé par les aérostiers d'outre-Rhin est le type tronconique ; sa constitution, ainsi que sa disposition intérieure ne diffèrent pas sensiblement de celles des bombes cylindriques. Ce projectile ressemble à une sorte de bouée recouverte d'un cordage enroulé, pesant environ huit kilogrammes, et le système qu'il porte à sa partie inférieure en permet la manœuvre et le lancement. Dans la calotte sphérique, on rencontre, en allant de l'extérieur vers l'intérieur, la série suivante de substances incendiaires maintenues par des enveloppes métalliques de faible épaisseur : phosphore blanc, cordages de chanvre imprégnés de goudron, étoupe arrosée de goudron et mélange aluminothermique.

Une boîte cylindrique, soudée au centre de la cuvette, renferme 200 grammes de phos-

phore blanc. La cavité, qui contient l'étoupe goudronnée, est limitée intérieurement par le tube tronconique et extérieurement par une enveloppe sur laquelle s'enroulent des cordages également goudronnés. De son côté, la composition aluminothermique, incluse dans la partie centrale, se trouve tassée entre le logement de la fusée et un tube tronconique perforé d'un grand nombre de trous ; un mélange d'oxyde salin de fer, de bioxyde d'aluminium en poudre et de petites quantités de magnésium en constitue le noyau principal, que recouvre une couche formée seulement d'oxyde salin de fer et de poudre d'aluminium. En outre, l'amorce chimique (bioxyde de manganèse et poudre d'aluminium) qui communique le feu au mélange aluminothermique, se trouve au voisinage immédiat de la fusée. Cette dernière, en laiton, appartient au type percutant ; elle se compose de deux parties principales : le mécanisme percutant proprement dit, qui consiste en une masselotte cylindrique et l'amorce composée qui, logée dans un tube en fer-blanc, prolonge le corps de la fusée exactement comme les détonateurs secondaires des fusées de bombes explosives.

Quand le bombardier se propose de lancer cet engin, il commence par arracher la goupille ; les branches de la bride s'écartent alors, tandis que la masselotte, libérée, retombe vers le fond de la chambre et que son percuteur vient frapper l'amorce au fulminate. Aussitôt la flamme produite par ce choc provoque l'inflammation de la poudre sans fumée, puis, successivement, les deux autres cartouches prennent feu à leur tour, le tube qui les maintient fond, la flamme



BOMBE EXPLOSIVE CYLINDRIQUE

A, *corps de la bombe en tôle d'acier d'un poids de vingt et un kilos. Une poignée surmonte le cylindre à sa partie supérieure, tandis que sa base (voir la coupe à droite) est percée d'un orifice circulaire* G, *sur l'épaulement fileté* D *duquel se vissent les organes* F F' F" *d'une fusée à temps. La charge* I *se compose de 10 kilos de tolite et le canal axial* H *renferme un détonateur secondaire.*

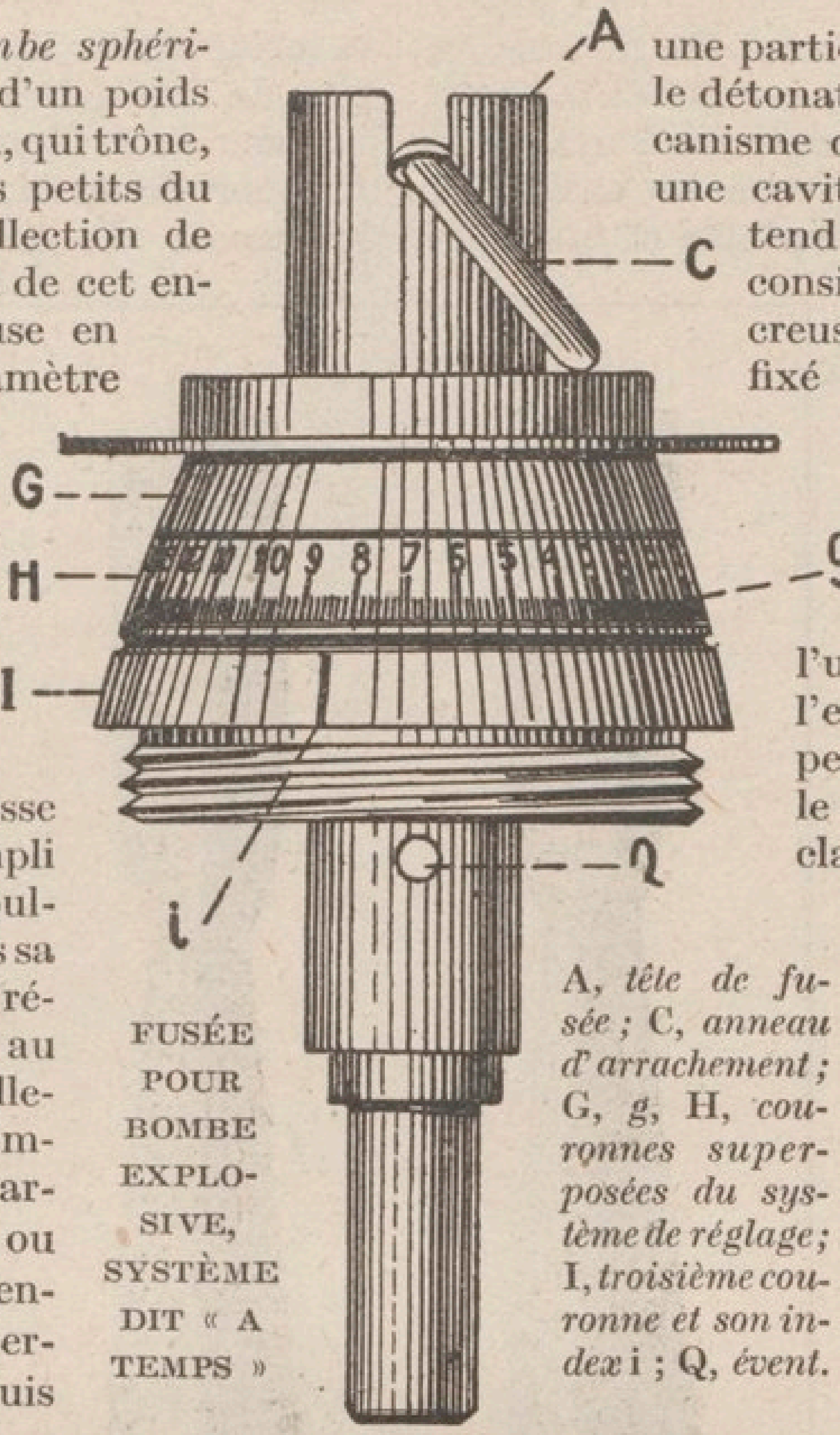
se communique à la cartouche de la fusée et finalement au mélange aluminothermique. Il en résulte un dégagement intense de chaleur qui détermine la fusion des enveloppes et l'inflammation de l'étoupe ainsi que des cordages goudronnés. Comme ces bombes s'amorçaient au départ, elles décrivaient dans l'espace, au cours de leur chute, une trajectoire lumineuse dont de nombreux Parisiens conservent encore un très mauvais souvenir.

Au cours de 1915, en effet, les zeppelins s'attaquèrent à Paris en même temps que les avions, soit avec des bombes incendiaires, soit avec des bombes sphériques. Ces derniers projectiles, en particulier, accusaient un progrès sur les précédents.

Toutefois, dirigeables et avions firent assez peu de dégâts à Paris jusqu'à la fin de 1917, comme en témoignent les statistiques officielles de 1915 (70 projectiles dont 62 le 20 mars), de 1916 (61 engins) et de 1917 (14 engins).

La *bombe sphérique explosive* constitue cependant un sérieux engin de mort et de démolition. Son enveloppe se brise en éclats quelquefois assez gros, à cassure à 45°. Ces fragments à contours coupants sont très meurtriers, mais, vu leur forme, leur rayon d'action ne dépasse guère une cinquantaine de mètres. En outre si la bombe sphérique tombe sur un sol de consistance moyenne, comme elle s'enfonce assez profondément, son explosion détermine la formation d'un entonnoir de six à huit mètres de diamètre et 2 mètres à 2 m. 50 de profondeur, empêchant les fragments de couvrir une grande superficie. En revanche, sur les édifices ou les voies ferrées, elles provoquèrent des effets de destruction beaucoup plus considérables.

Examinons donc la *bombe sphérique explosive de 0 m. 32*, d'un poids de 60 kilogrammes environ, qui trône, à côté de projectiles plus petits du même genre, dans la collection de M. André Kling. Le corps de cet engin est une sphère creuse en acier, de 0 m. 32 de diamètre extérieur et de 0 m. 015 à 0 m. 017 d'épaisseur, percée d'un orifice fileté sur lequel se visse un bouchon destiné à recevoir la fusée. Comme explosif, elle renferme 21 kilos de tolite fondue qu'on coule en ménageant dans la masse un canal cylindrique, rempli ultérieurement de tolite pulvérulente tassée, sauf dans sa partie supérieure où on a réservé la cavité nécessaire au logement de la fusée. Celle-ci, très perfectionnée, comprend deux parties : une partie supérieure en laiton, ou fusée proprement dite, renfermant le mécanisme de percussion et de sécurité, puis une partie inférieure qui contient le détonateur secondaire. Son mécanisme de percussion, logé dans une cavité cylindrique qui s'étend suivant l'axe de la fusée, consiste en une masselotte creuse dans laquelle on a fixé une pointe séparée de l'amorce par un ressort destiné à contrebalancer l'effet de la pesanteur. Quant aux systèmes de sécurité, l'un assure le transport de l'engin sans danger, l'autre permet au bombardier de le lancer sans crainte d'éclatement prématuré. Les organes du premier, situés latéralement à la chambre et renfermant la masselotte, se composent des deux mors d'une pince qui, suivant qu'on les écarte ou qu'on les éloigne, libèrent ou retiennent ladite pièce. Ceux du deuxième sys-



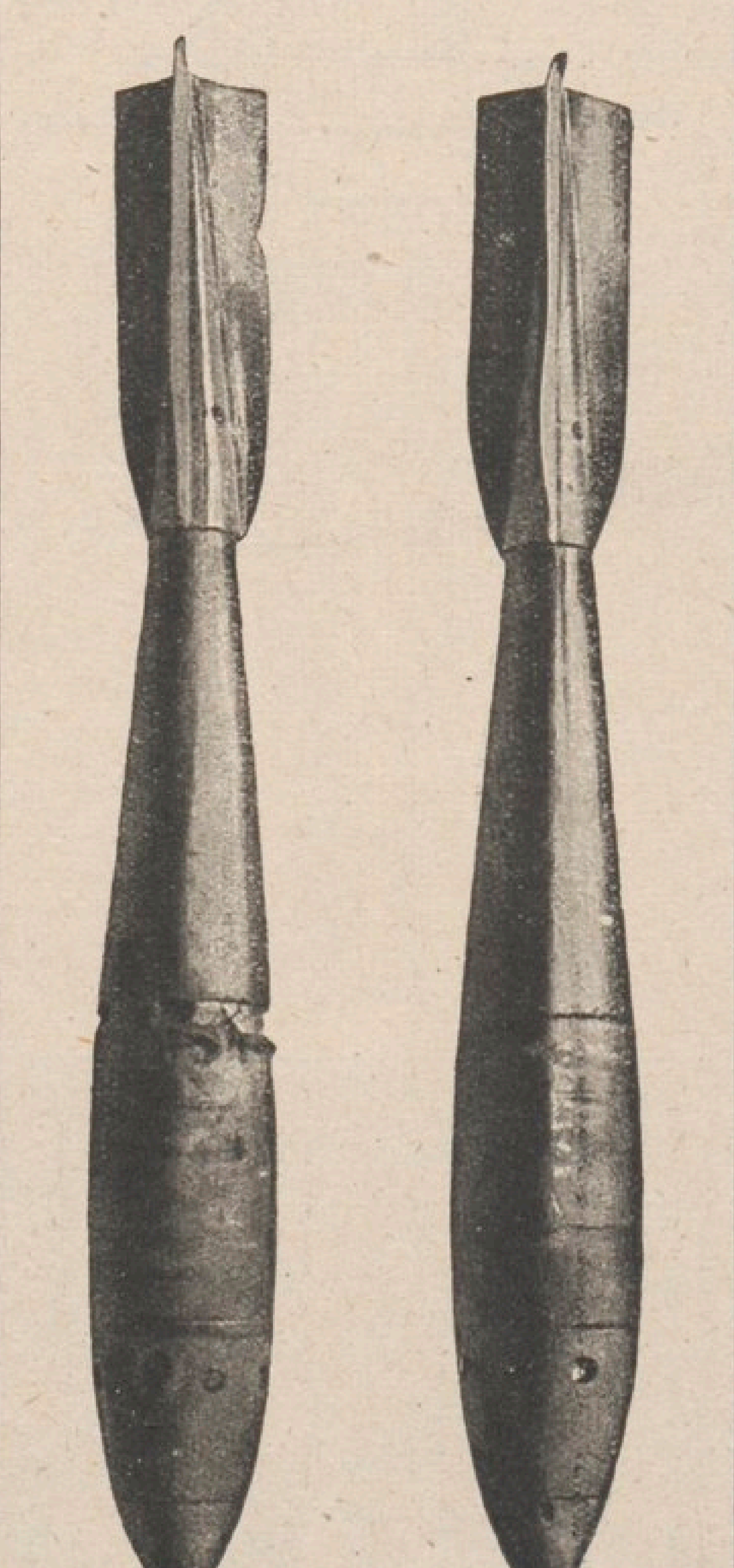
FUSÉE POUR BOMBE EXPLOSIVE, SYSTÈME DIT « A TEMPS »

A, *tête de fusée ; C, anneau d'arrachement ; G, g, H, couronnes superposées du système de réglage ;* I, *troisième couronne et son index* i ; Q, *évent.*

UNE LECTURE AU MANOMÈTRE POUR DÉTERMINER LA NATURE DES SUBSTANCES EXPLOSIVES, INCENDIAIRES OU ASPHYXIANTES RENFERMÉES DANS UN ENGIN ALLEMAND

tème immobilisent encore la masselotte durant les dix premières secondes de la chute de la bombe ; ils comprennent un petit verrou cylindrique, logé dans un canal circulaire traversant la masselotte et que l'action de ressorts antagonistes maintient en place jusqu'au moment où l'aviateur les libère, en arrachant la goupille du second mécanisme de sécurité.

Continuons notre visite à travers le musée du Laboratoire municipal en décrivant sommairement la *bombe explosive piriforme à parois épaisses* dont se servirent les avions et dirigeables ennemis dès le commencement de l'année 1915 et qui, selon les renseignements qu'a bien voulu nous communiquer M. Kling, est capable de produire des effets très importants, comparables à ceux d'un obus de 150 allemand ancien modèle. Cet engin ressemble à une grosse poire métallique surmontée d'une cheminée, que deux contrefiches fixent extérieurement sur son enveloppe en fonte grise et d'une épaisseur moyenne de 0 m. 014; aux deux extrémités de son axe, se trouvent ménagés deux orifices filetés. L'un de ces derniers, sis au sommet de la partie tronconique et renforcé par une bague de serrage, reçoit la fusée, tandis qu'un bouchon conique creux, en fonte, obture l'autre trou du fond de la bombe Comme explosif, elle renferme 4 kilos de tolite fondue dans la masse de laquelle on a ménagé deux cavités cylindriques. L'une sert à loger le détonateur secondaire de la fusée, l'autre prolonge la chambre formée par la cavité du bouchon et on y tasse une poudre nitratée (mélange de nitrate de potasse, zinc pulvérulent, soufre et colophane). La fusée percutante n'offre rien de bien particulier. Quant au fonctionnement de la bombe piriforme on peut le résumer de la manière suivante : lors du lancement, la goupille s'arrache automatiquement, et le projectile, tombant librement, prend un mouvement uniformément accéléré. Par suite, la résistance exercée par l'air sur le champignon augmente avec la vitesse de chute et atteint bientôt une valeur suffisante pour écraser le ressort et faire sortir une clavette libérant l'hélice. Celle-ci se met alors en mouvement sous l'influence du courant d'air produit dans la cheminée et entraîne la tige. De son côté, la masselotte, retenue par son ergot d'immobilisation, ne participe pas à cette rotation, mais tandis que la partie filetée de la tige se dégage de sa cavité, elle devient libre et percute au choc.



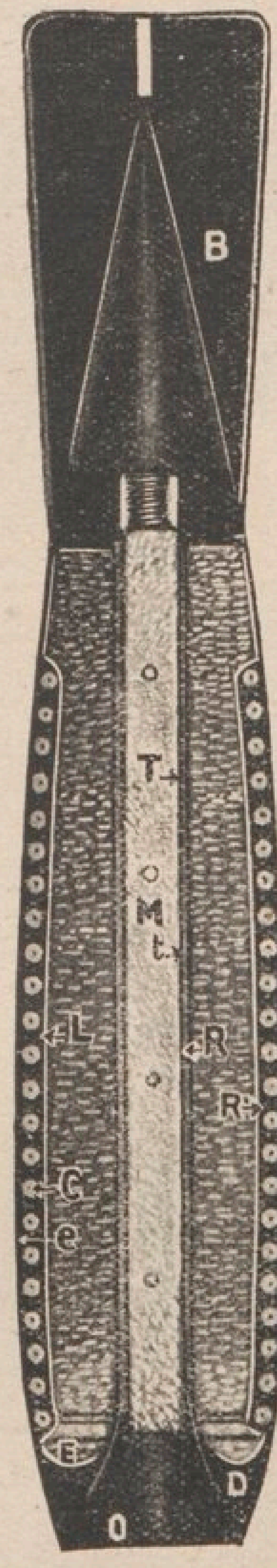
DEUX TORPILLES INCENDIAIRES PISCIFORMES LANCÉES PAR DES GOTHAS

Ces engins firent des dégâts peu importants. Quelques seaux d'eau suffisaient à éteindre les commencements d'incendie qu'ils déterminaient.

Malgré tout, cependant, si les techniciens de l'artillerie et de l'aviation allemandes n'avaient pas inventé d'autres engins de bombardement, les Parisiens et leur ville auraient peu souffert. Mais les spécialistes d'outre-Rhin ne restaient pas inactifs. Durant les années 1916 et 1917, ils préparèrent dans l'ombre de nouveaux méfaits. Les gothas exécutèrent leur premier raid sérieux sur la Capitale le 31 janvier 1918, avec des *bombes-torpilles* aériennes, dont les types principaux figurent maintenant au musée du Laboratoire municipal. Ces bombes-torpilles ressemblent *grosso modo* à un cigare, portant un empennage, et pèsent environ 10, 55, 100, 300 et même 1.000 kilos. Tous ces projectiles sont explosifs et peuvent se ranger en deux classes : les engins *meurtriers* et les engins

démolisseurs. Les premiers possèdent des parois épaisses, destinées à fournir des éclats nombreux qui s'échappent en gerbe rasante, sensiblement parallèle au sol. L'empennage hélicoïdal assure le mouvement de giration destiné à maintenir la trajectoire. A partir de 50 kilos, l'enveloppe du projectile est en tôle avec ogive en acier assez épaisse disposée à l'avant.

La petite *bombe-torpille d'avion* a la forme d'un tube ellipsoïdal très allongé, en acier, muni à l'une de ses extrémités d'une ogive rapportée, dans l'œil de laquelle se visse la fusée et muni à l'autre bout d'une bague, sur laquelle vient s'insérer l'empennage formé par trois ailerons fixés sur un cône d'angle très aigu et disposé obliquement par rapport aux génératrices de ce dernier. Une série de rivets sert à fixer solidement le cône à une bague. On charge la presque totalité de la chambre de cette bombe d'un mélange de tolite et d'hexanitrodiphénylamine ou poudre jaune explosive très puissante, que les Allemands vendaient, en temps de paix, sous le nom de « Jaune Aurantia ». Une cavité cylindrique, pratiquée dans la masse de ce mélange, reçoit le détonateur secondaire de la fusée, et, en outre, au-dessus de l'explosif, on trouve disposée une petite boîte en fer mince, renfermant un composé fumigène (phosphore rouge et tolite). La fusée en bronze se visse sur l'œil de la bombe, elle fonctionne par refoulement et percussion directe ; dans sa tête conique, se logent les mécanismes de percussion et de sécurité destinés à renfermer le détonateur-relai.



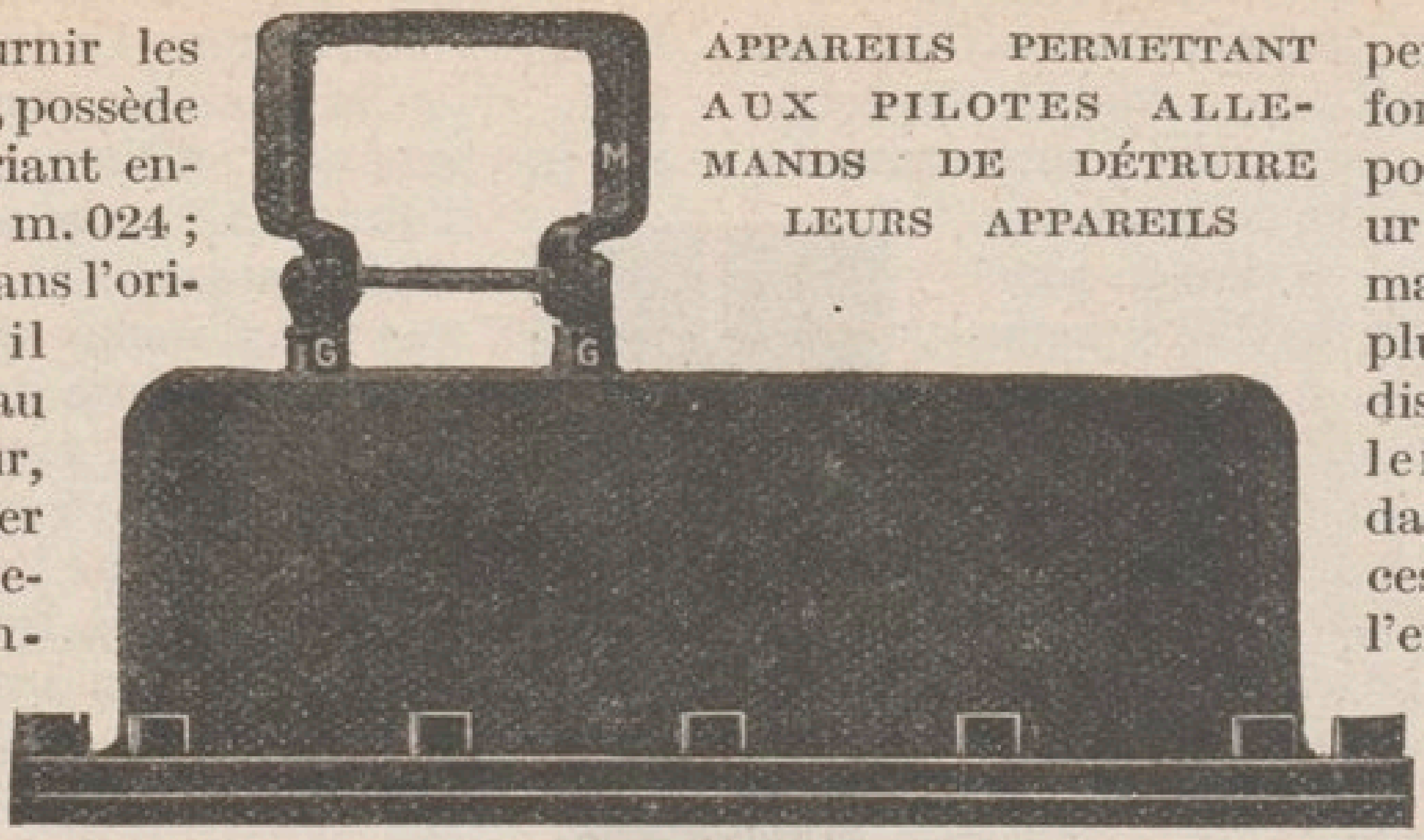
COUPE D'UNE BOMBE INCENDIAIRE FORME TORPILLE

Le corps de l'engin est constitué par un récipient en fer-blanc R R, *traversé par un tube* T *à l'intérieur duquel se trouve la masse d'allumage* M. *Des torons goudronnés* C *l'entourent et un empennage hélicoïdal* B *le surmonte.*

Les systèmes de sécurité, au nombre de trois, assurent le transport et le lancement de l'engin sans danger. La sécurité du transport se réalise au moyen d'une goupille qui pénètre dans le canal traversant longitudinalement la tête de la fusée, au niveau de la couronne fixe, et dans l'axe duquel se trouve une autre petite galerie, de diamètre identique, percée dans la tige du percuteur. Un système d'armement de la fusée ayant pour but d'empêcher son fonctionnement lorsque l'aviateur ne l'a pas mise, au préalable, dans la position voulue, complète ce premier dispositif d'immobilisation du percuteur. D'autre part, la sécurité du lancement s'obtient grâce à trois segments inclus dans la couronne formant la base de la tête de fusée. Ces organes, mobiles autour de trois pivots, peuvent s'approcher ou s'éloigner de l'axe, mais des ressorts tendent à les ramener vers le centre de façon à maintenir en place la masselotte et le percuteur dont ils empêchent la pointe de venir frapper l'amorce. Grâce à sa fragmentation en de nombreux débris, comparables aux éclats de notre obus de 75, à sa forme très balistique et au mouvement de rotation rapide dont son empennage l'anime pendant sa chute, cette bombe-torpille produit des effets particulièrement meurtriers. Son éclatement fournit, en effet, une gerbe de projectiles à cheminements presque horizontaux, et, comme elle se maintient très bien sur sa trajectoire, elle permit aux Allemands des bombardements d'une précision bien supérieure à ceux qu'ils exécutaient avec les engins du début de la guerre. Par contre, ces projectiles abîmaient peu les édifices, car ils explosaient d'ordinaire au niveau de la toiture ou dans les combles.

Nos ennemis se mirent donc en devoir d'augmenter la puissance des engins précédents afin que leurs aviateurs pussent démolir nos immeubles publics ou privés, tout en continuant leur triste métier d'assassins de femmes et d'enfants. La première conception de ce genre qui sortit de leurs cerveaux diaboliques fut la *bombe-torpille d'avion de gros calibre.* Le modèle 1917, le plus fréquemment employé par les Allemands dans leurs raids sur Paris, pèse 55 kilos, et, muni de son empennage, mesure 1 m. 70 de hauteur totale. Sa charge explosive (mélange de 65 % de tolite et 35 % d'hexanitrodiphénylamine) atteint le poids respectable d'environ 20 kilos. Son enveloppe se compose de deux parties juxtaposées par rivetage. Le tronçon inférieur, destiné à supporter le choc d'atter-

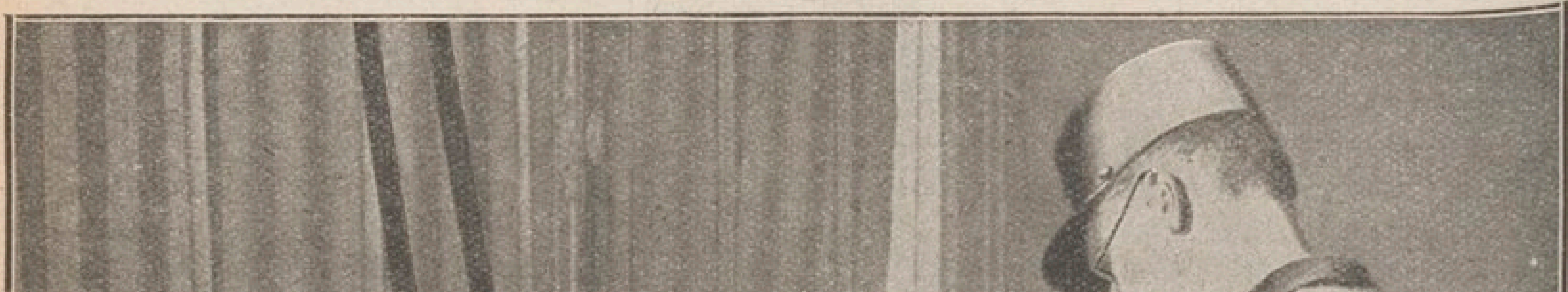
rissage et à fournir les éclats meurtriers, possède une épaisseur variant entre 0 m. 010 et 0 m. 024 ; la fusée se loge dans l'orifice fileté qu'il porte. Quant au tronçon supérieur, il est en tôle d'acier de 0 m. 003 seulement. L'empennage qui vient coiffer ce projectile mesure à lui seul 0 m. 50 de hauteur ; un cône en tôle mince en constitue le corps et sur sa surface se développent trois ailerons, également en tôle, inclinés sur la génératrice.



APPAREILS PERMETTANT AUX PILOTES ALLEMANDS DE DÉTRUIRE LEURS APPAREILS

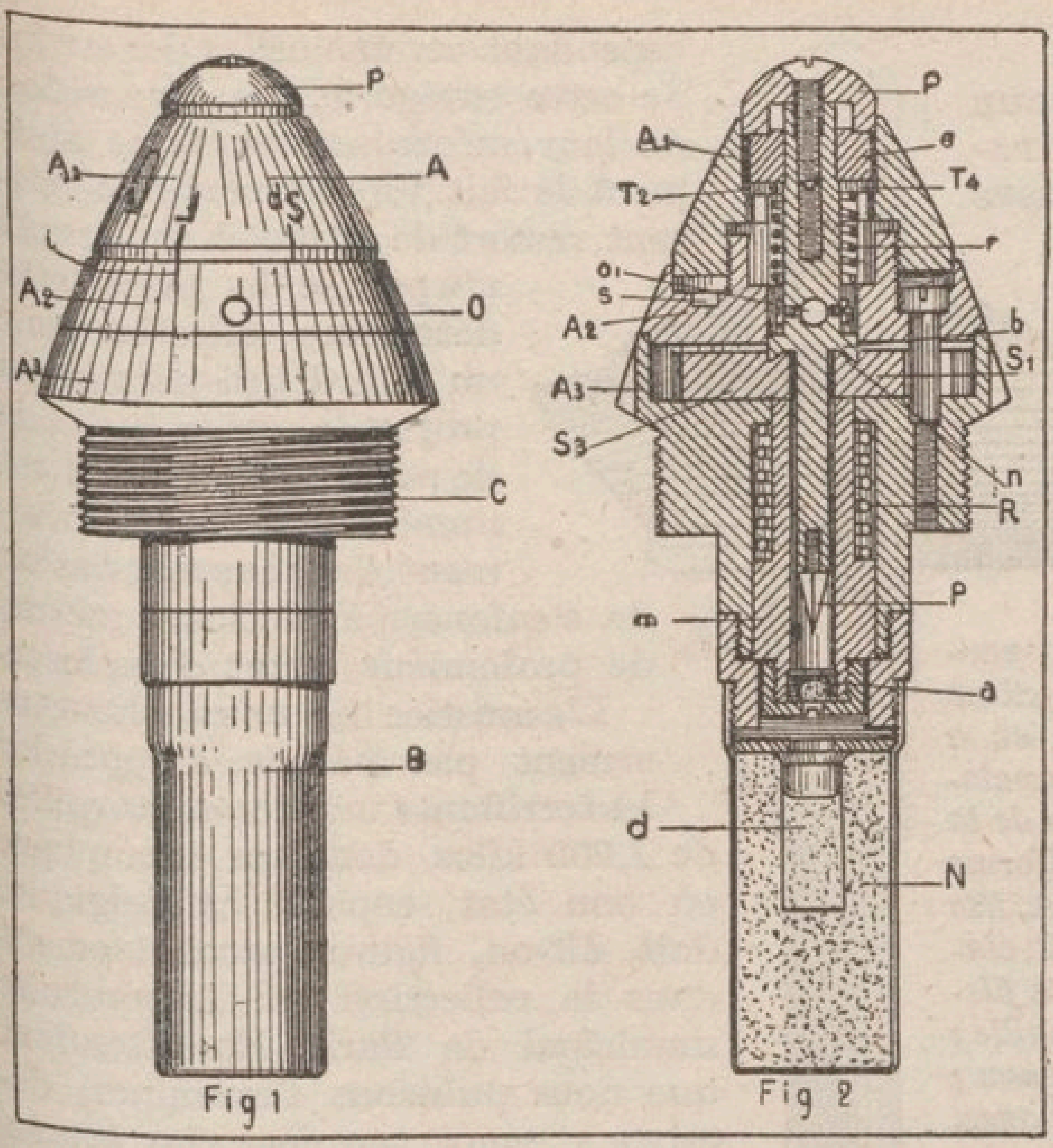
C'est un engin « à temps » qui se place sur le moteur. Pour le faire fonctionner, en cas de panne dans les lignes ennemies, il suffit de tirer sur la poignée M ; *on provoque ainsi l'arrachement des deux goupilles de sécurité* G G. *Un mécanisme d'horlogerie se met en mouvement et l'explosion se produit au bout de cinq minutes.*

Sa fusée ressemble à celle de la petite bombe-torpille d'avion, mais devant amorcer un engin de pénétration, elle porte une coiffe, afin de protéger son mécanisme de percussion dont le fonctionnement repose exclusivement sur l'inertie d'une masselotte et non plus sur celui du dispositif de refoulement existant dans la fusée nécessaire pour armer l'engin décrit tout à l'heure. En conséquence, la partie essentielle du mécanisme d'amorçage se réduit à un percuteur fixe et à une masselotte qui, au moment de la percussion, vient frapper la pointe du percuteur. A la suite de l'amorce, se place le détonateur renfermant 3 grammes d'un mélange de fulminate de mercure et de chlorate de potasse. Cette dernière masse se trouve noyée dans l'explosif cons-



OUVERTURE D'UN PETIT ENGIN ALLEMAND AU MOYEN DU TOUR

On procède ainsi quand on ne veut pas détruire l'engin afin de pouvoir en étudier le mécanisme.

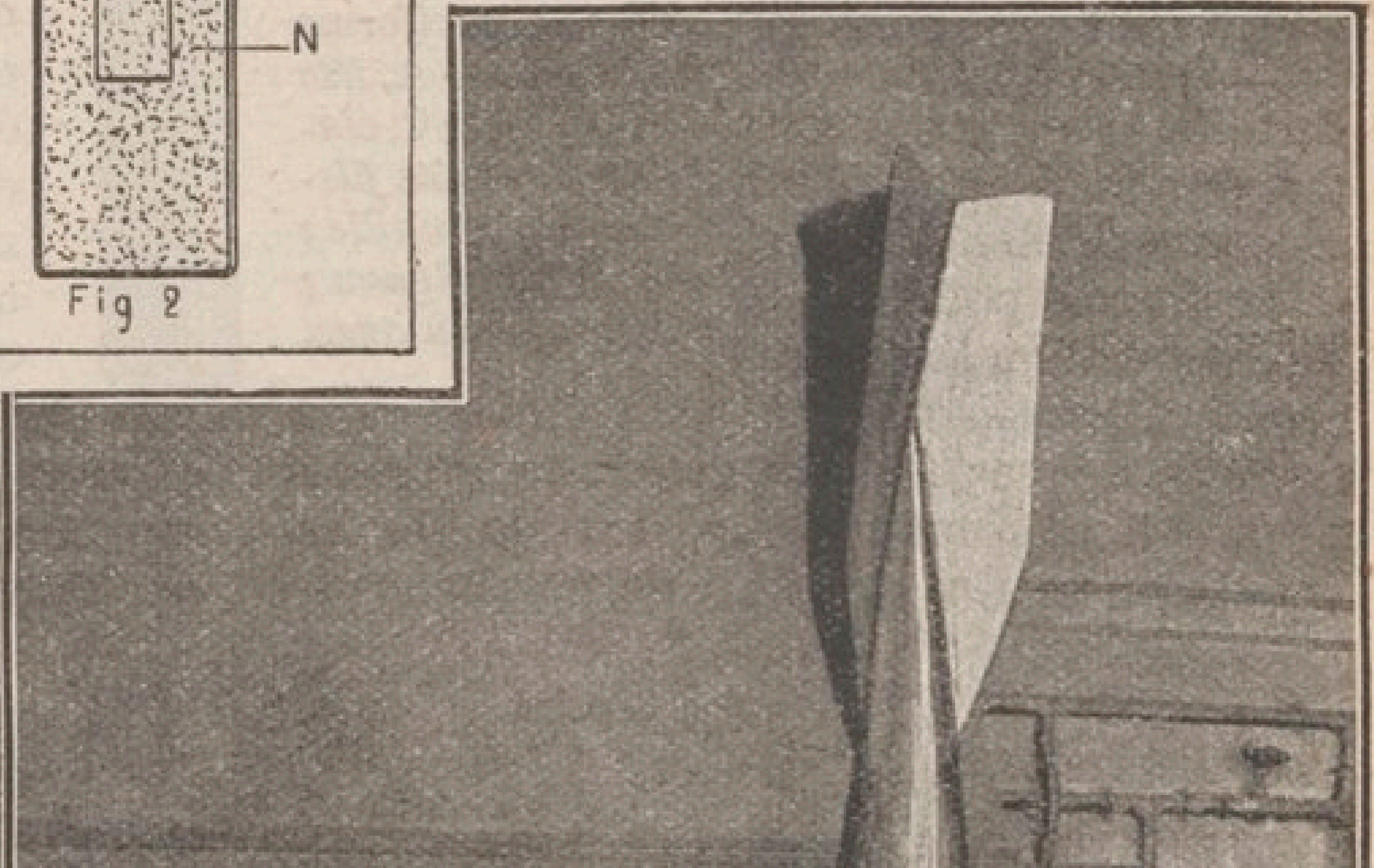


FUSÉE DE LA BOMBE-TORPILLE D'AVION CI-CONTRE

Cette fusée, qui fonctionne par refoulement et percussion directe, est en bronze. Elle comporte une tête conique A *où se logent les mécanismes de percussion et de sécurité et un corps cylindrique* B *qui contient le détonateur formant relai. La collerette filetée* C *permet de la visser sur l'œil de la bombe. Le mécanisme de percussion est constitué par une tige* P P *dont la pointe frappe l'amorce* a *logée dans la masselotte creuse* m.

tituant le détonateur secondaire (95 grammes de pyronite ou tétranitrométhylaniline) contenu lui-même dans un prolongement cylindrique en laiton qui coiffe l'extrémité inférieure de la fusée.

La sécurité de transport des grosses bombes-torpilles d'avion se réalise au moyen d'une goupille qui s'embroche dans un canal transversal percé dans le chapeau de la fusée, ainsi que dans la tête du percuteur. Quand cette goupille occupe sa place de repos, la percussion ne peut se produire car, par suite de l'introduction de ladite pièce, le percuteur, qui, dans sa position de liberté, tend à remonter dans son logement sous l'impulsion d'un ressort antagoniste, reste abaissé quand les rainures transversales de la fusée se trouvent en prolongement les unes des autres. Les trois segments du système de sécurité de lancement sont alors solidement calés par la pénétration de la crête terminale du percuteur dans les trois encoches correspondantes creusées dans leur surface supérieure. Mais, à l'instant où on enlève la goupille, le ressort, en ramenant le percuteur vers le haut, dégage cette crête des encoches et seul le dispositif de sécurité de lancement retient encore les segments et empêche toute action de la pointe du percuteur sur l'amorce,



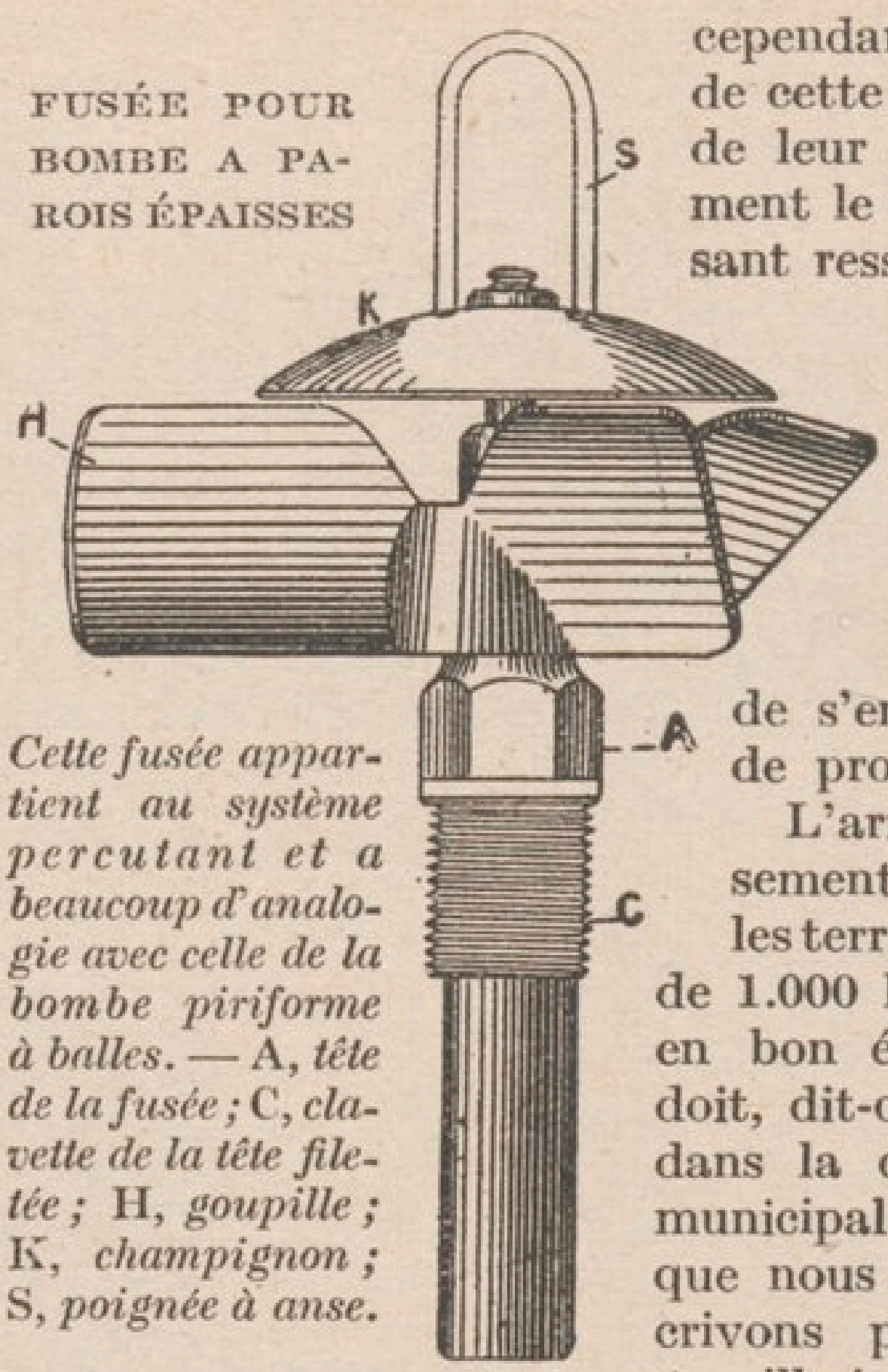
BOMBE-TORPILLE D'AVION DE 300 KILOS

Cette torpille gigantesque, munie d'un empennage hélicoïdal, est un engin de démolition de puissance considérable.

tandis qu'un fort ressort en spirale, destiné à compléter le système de sécurité, maintient la masselotte suffisamment éloignée dudit percuteur.

Lorsque le bombardier veut se servir de l'engin, il arme sa fusée en retirant la goupille de sécurité, puis procède à son lancement. La torpille, grâce à son empennage hélicoïdal, prend alors un mouvement giratoire dont l'accélération s'accroît au fur et à mesure de la chute. Puis, quand le projectile est tombé d'une certaine hauteur, sa vitesse angulaire atteint un valeur calculée d'avance et suffisante pour que la force centrifuge, en triomphant de la résistance des ressorts, provoque l'écartement complet des segments. Si, dans ces conditions, la bombe-torpille rencontre un obstacle, le choc provoque la projection de la masselotte et de son amorce sur la pointe du percuteur après l'écrasement du ressort de sécurité. Les explosions des bombes-torpilles de 55, de 100 et, *a fortiori*, de 300 kilos, produisirent souvent de puissants effets de démolition contre les édifices ou même les ouvrages souterrains, car leurs fusées, bien que ne possédant aucun artifice propre à retarder l'excitation de l'amorce et du détonateur, fonctionnent cependant comme celles des engins de cette catégorie. La disposition de leur mécanisme explique aisément le fait. Vu son inertie, le puissant ressort de sécurité sur lequel s'appuie la masselotte détermine effectivement un retard qui permet au projectile, grâce au cône de pénétration dont il est muni, d'entamer fortement des maçonneries ou de s'enfoncer à plusieurs mètres de profondeur avant d'exploser.

FUSÉE POUR BOMBE A PAROIS ÉPAISSES



Cette fusée appartient au système percutant et a beaucoup d'analogie avec celle de la bombe piriforme à balles. — A, tête de la fusée ; C, clavette de la tête filetée ; H, goupille ; K, champignon ; S, poignée à anse.

L'armistice ne nous a heureusement pas permis d'apprécier les terrifiants mérites des torpilles de 1.000 kilos, dont un exemplaire en bon état, capturé en Belgique, doit, dit-on, figurer prochainement dans la collection du Laboratoire municipal de Paris. En attendant que nous puissions l'examiner, décrivons pour terminer la *bombe-torpille incendiaire d'avion*, qui pèse environ 10 kilos et dont la forme générale rappelle celle des engins explosifs précédents, quoiqu'elle soit un peu moins allongée.

Son corps, constitué essentiellement par un récipient en fer-blanc, d'une hauteur de 0 m. 360 et d'un diamètre maximum de 0 m. 110, est traversé, de part en part, par un tube creux en zinc soudé sur le fond du récipient, rendu de la sorte complètement étanche. Ce canal central s'épanouit vers son extrémité, de manière à servir de logement à la queue de la fusée, qui se visse dans un œilleton. L'espace annulaire compris entre l'enveloppe en

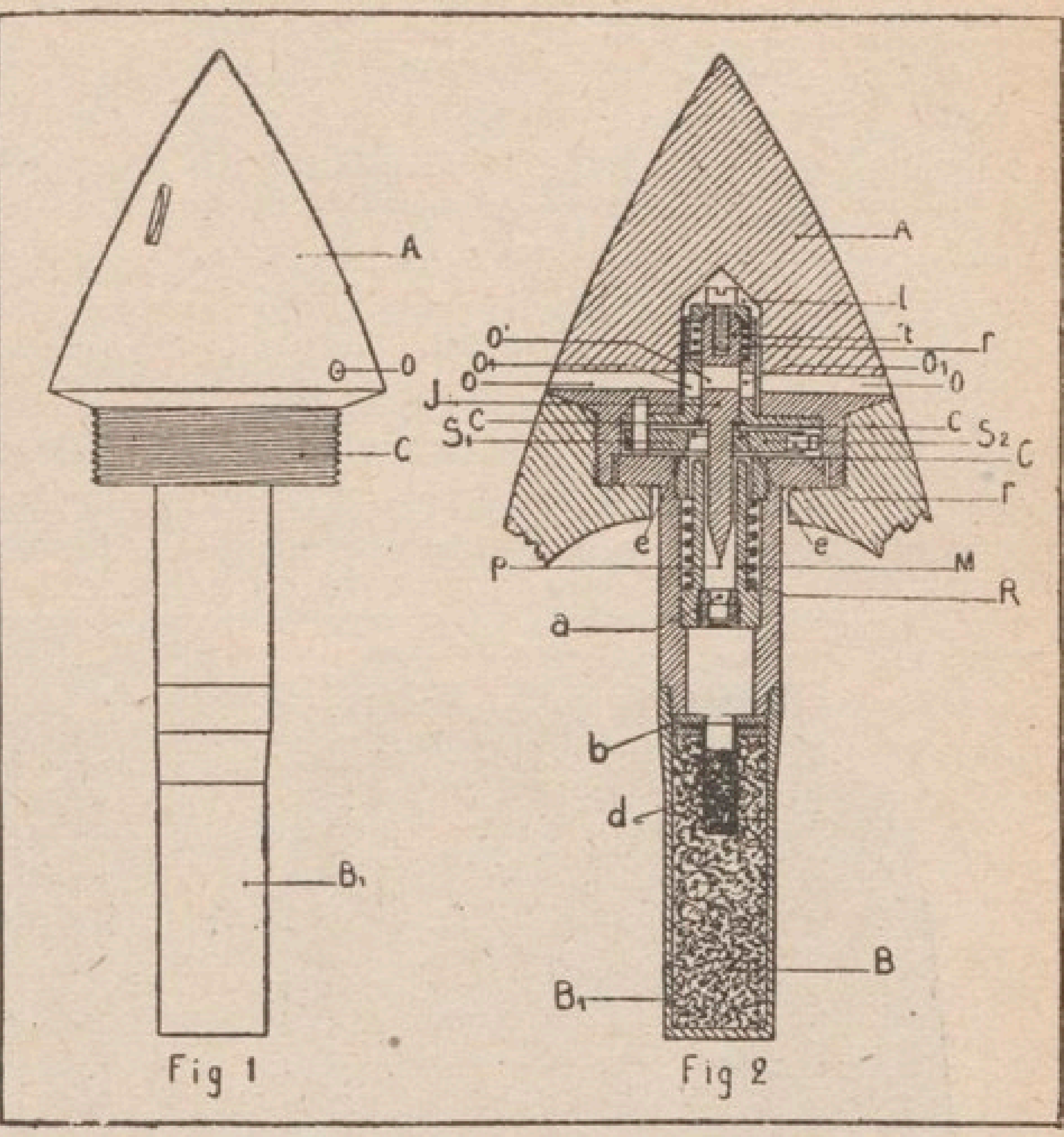
LE PUITS POUR LA DESTRUCTION DES PROJECTILES

C'est là qu'on fait exploser les engins que, pour une raison quelconque, on n'a pas réussi à désamorcer par les procédés ordinaires.

fer-blanc et le tube central a une capacité totale de trois litres environ et, grâce au bouchon de remplissage sis à la partie supérieure du récipient, on peut y introduire les liquides incendiaires. Sur l'extérieur du projectile s'enroulent des cordes goudronnées imprégnées d'un mélange de pétrole lourd et de paraffine. En outre, une couche de brai, dans lequel on a incorporé 30 % environ de perchlorate de potasse, recouvre ces trous et on a lissé cet enduit de façon que l'engin offre un aspect extérieur parfaitement uni.

Son empennage hélicoïdal, ainsi que sa fusée en plomb durci ressemblent beaucoup aux pièces correspondantes de la petite torpille, mais comme il s'agit d'une bombe du type incendiaire, le détonateur secondaire est naturellement supprimé ; en conséquence, on n'a pas besoin de mettre d'intermédiaire entre l'amorce et la composition renfermée dans le tube. D'autre part, les gaz dégagés par la déflagration de l'amorce s'échappent par trois canaux. Quant aux produits incendiaires, voici leur composition et leur disposition. On tasse le mélange thermique d'allumage, formé de soufre et d'aluminium pulvérulent, dans un tube en tôle percé d'un certain nombre de trous circulaires et qui s'introduit à frottement doux dans le canal central de la bombe. Le liquide incendiaire est une masse gélatineuse fondant entre 30 et 35 degrés ; il se compose de divers produits plus ou moins volatils (benzine, xylènes, pétrole, huiles lourdes de pétrole et paraffine) reposant sur une couronne réalisée avec un mélange de perchlorate de potasse et de paraffine ; cette couronne est disposée au fond du réservoir

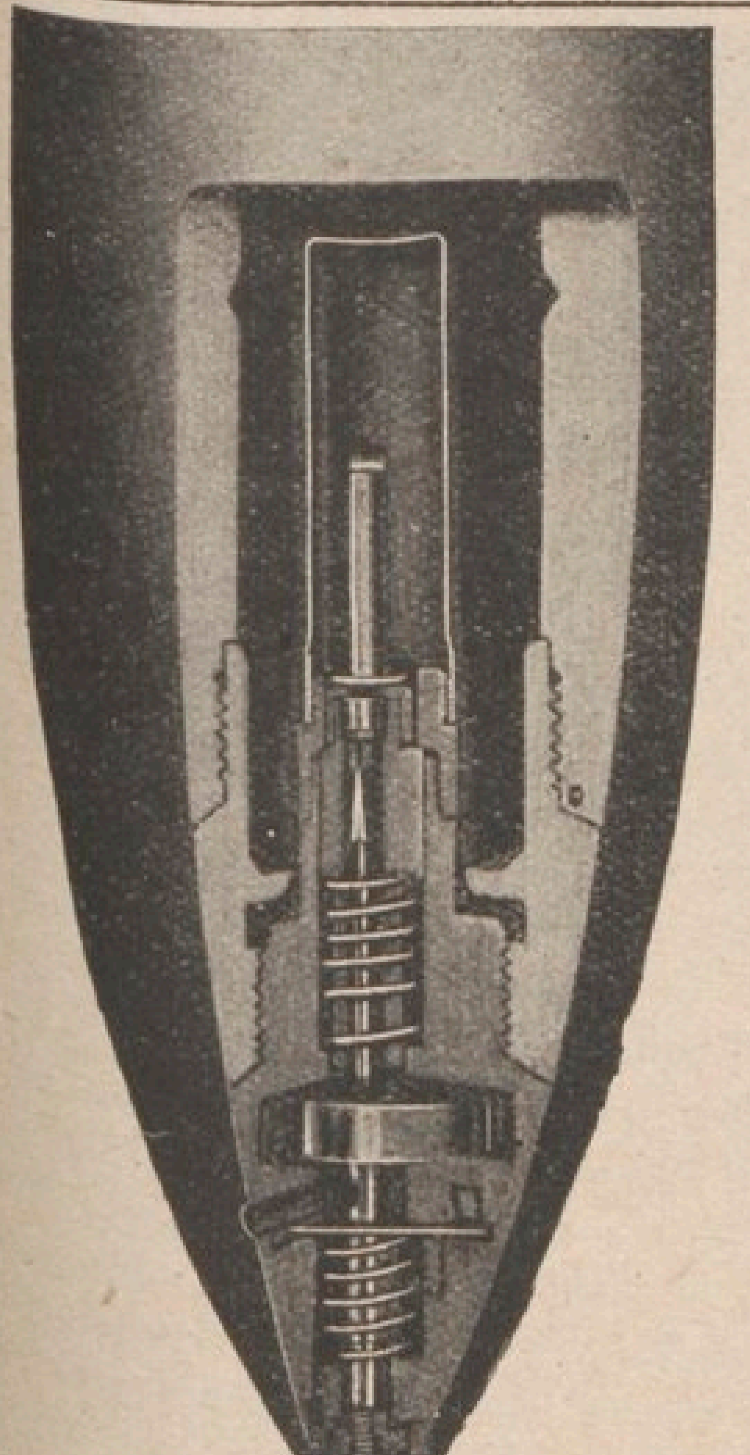
Ce brûlot fonctionne avec assez de précision et de la façon suivante : lors du choc, le percuteur provoque la déflagration de l'amorce, qui enflamme à son tour le noyau thermique central. Ce mélange, tout en



AUTRE TYPE DE FUSÉE POUR LA BOMBE-TORPILLE DE GROS CALIBRE

(Figure 1 : élévation ; figure 2 : coupe)

Cette fusée ne diffère de celle représentée à la page 439 que par sa coiffe conique A, *très épaisse, en acier et le fonctionnement de son mécanisme de percussion. Son système d'amorçage se réduit à un percuteur* J *et à une masselotte* M *munie d'une amorce* a *que vient frapper la pointe* P *du percuteur. A la suite de l'amorce se trouve le détonateur* d, *noyé dans l'explosif formant le détonateur secondaire* B B_1. *On a réalisé la sécurité de transport au moyen d'une goupille qui s'embroche dans le canal* O O, O' O_1 O *et dans la tête du percuteur.*

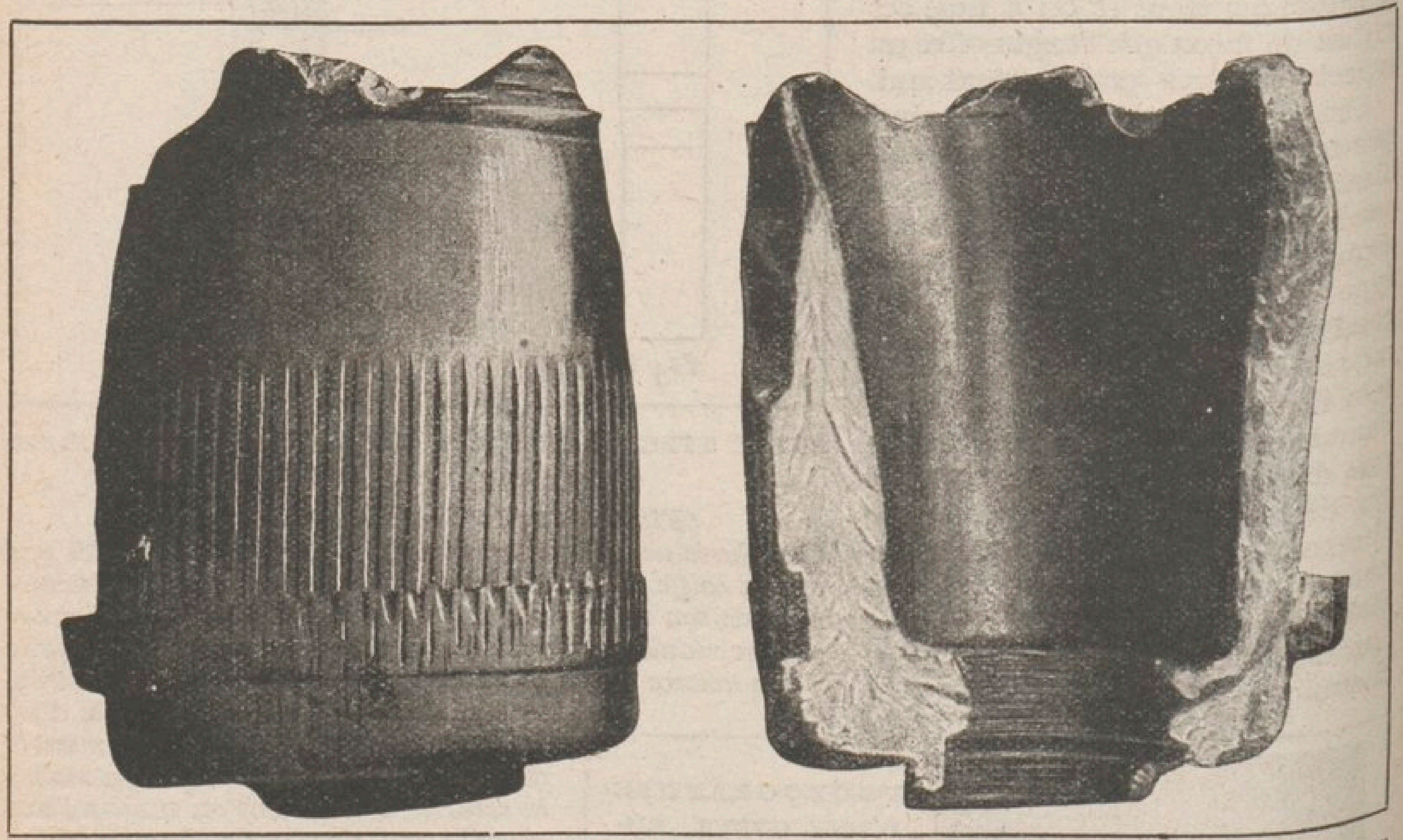


PHOTOGRAPHIE D'UNE COUPE RÉELLE PRATIQUÉE DANS LA FUSÉE D'UNE BOMBE D'AVION DE 12 KILOS

Vers le milieu, on peut voir les masselottes centrifuges qui, projetées, soit à droite, soit à gauche, au cours de la chute de l'engin, libèrent à la fois le percuteur et le détonateur, que des ressorts maintenaient jusqu'alors écartés. Ces masselottes centrifuges sont l'une des curiosités de cette fusée ; cependant, le dispositif en question ne présente que des garanties relatives, car il peut arriver que la masselotte se coince.

brûlant assez lentement, dégage une grande quantité de chaleur qui détermine d'abord l'échauffement puis la distillation du liquide incendiaire renfermé dans le récipient. En même temps, le tube en zinc fond et brûle tandis que s'enflamment les vapeurs de la masse pétroléobenzénique. A leur tour, les cordages goudronnés de l'extérieur prennent feu et l'engin se change finalement en une torche à foyer unique dont la combustion dure une dizaine de minutes. Comme, d'ailleurs, en raison de sa forme et du fonc-

Maintenant que nous avons passé en revue les principaux engins de bombardement de l'aviation allemande, disons quelques mots sur les *obus de la grosse Bertha*, qui commencèrent à arroser Paris le 23 mars 1918, causant des dégâts relativement peu importants eu égard au nombre total des victimes (256 morts et 620 blessés). Le musée parisien n'en possède que des fragments insuffisants pour une reconstitution intégrale. Le plus gros de ces éclats, représenté ci-dessous, permit cependant de constater que



ASPECTS EXTÉRIEUR ET INTÉRIEUR D'UN ÉCLAT D'OBUS TIRÉ PAR L'UN DES CANONS A LONGUE PORTÉE QUI BOMBARDÈRENT PARIS L'ANNÉE DERNIÈRE

Ce sont les éclats les plus gros et les plus caractéristiques que possède le Musée du Laboratoire municipal de Paris. Ils permirent de reconstituer approximativement le projectile.

tionnement de sa fusée, cette bombe pénètre à une certaine profondeur dans les obstacles peu résistants avant de s'allumer, elle provoque, à l'occasion, des incendies plus considérables que les projectiles similaires, — témoin le raid des gothas rue de Rivoli, à Paris, dans la nuit du 12 au 13 avril 1918.

A la vérité, on put bien souvent éteindre les flammes produites par la combustion du liquide incendiaire que cet engin renferme en les couvrant de sable. Mais, en revanche, on ne saurait empêcher la masse d'allumage ou le mélange de perchlorate et des carbures inclus dans ces bombes de continuer à brûler, car, nouveaux « feux grégeois », renfermant à la fois des éléments combustibles et comburants, ceux-ci se consument sans le secours des gaz répandus dans l'atmosphère.

c'est un obus de 0 m. 21 de diamètre, haut d'environ 0 m. 490 et pourvu d'une coiffe ogivale en tôle d'acier assez forte.

Telles sont les pièces les plus remarquables de la collection désormais historique que M. Kling et ses collaborateurs ont formée, au cours de quatre années de guerre. Pendant les raids nocturnes, un coup de téléphone des pompiers ou des agents de la préfecture de police prévenait le Laboratoire municipal des points de chute des engins. Immédiatement, ces courageux fonctionnaires sautaient en automobile et se dirigeaient vers les endroits indiqués afin d'enlever les bombes et les torpilles non éclatées, de les désamorcer parfois sur place ou de ramasser leurs débris en vue d'examens ultérieurs.

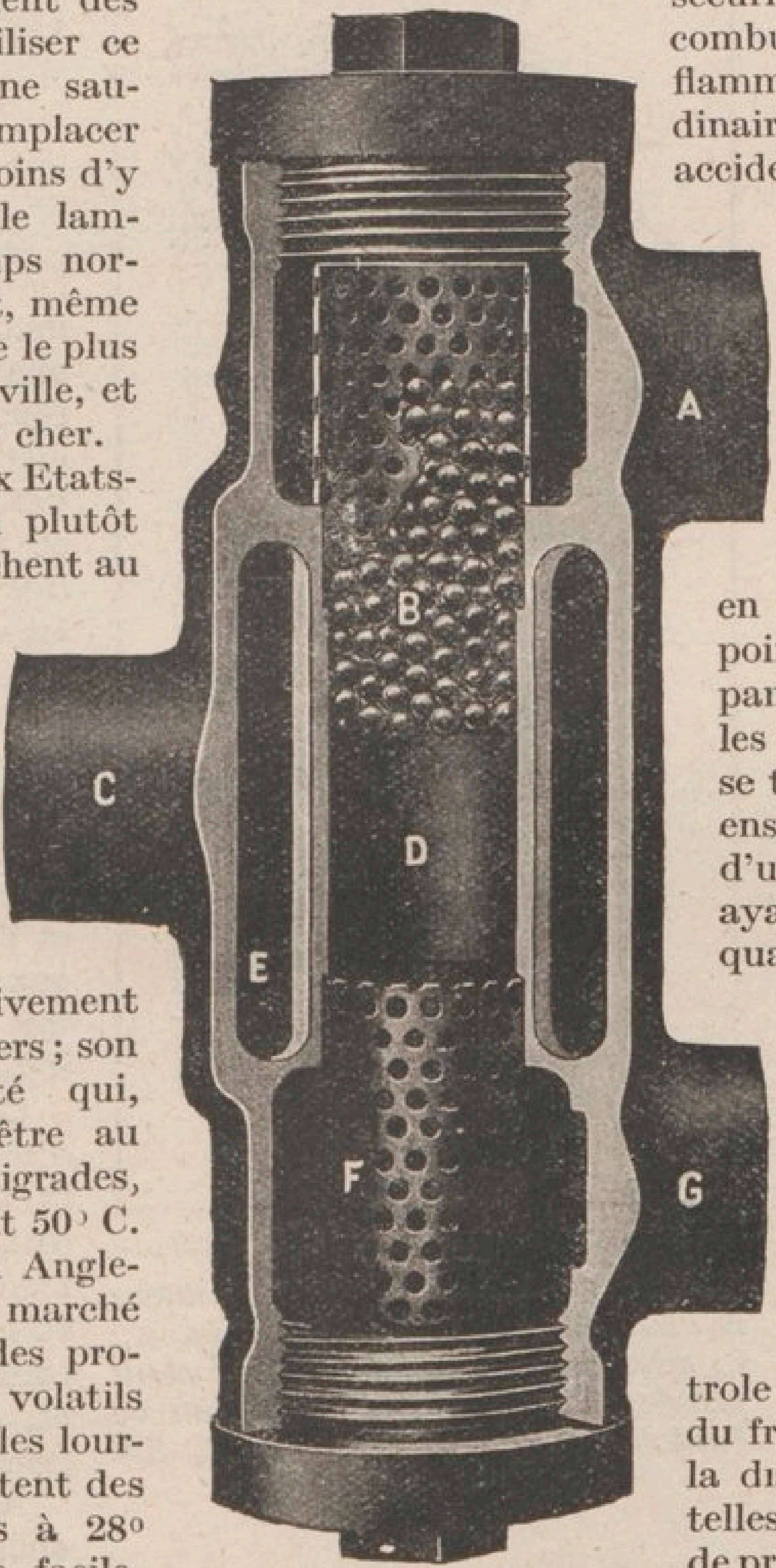
FÉLIX DELATOUR.

UN VAPORISATEUR DE PÉTROLE AUSSI ORIGINAL QUE PRATIQUE

Par Georges BELL

La question du carburant est plus que jamais à l'ordre du jour, le nombre croissant sans cesse des moteurs qui emploient ce combustible liquide. En attendant que le dégrèvement des alcools permette d'utiliser ce produit national, on ne saurait trop essayer de remplacer l'essence ou tout au moins d'y suppléer par le pétrole lampant, celui qu'en temps normal on trouve partout, même chez l'épicier de village le plus éloigné de la grande ville, et qui coûte 50 % moins cher.

En Angleterre et aux Etats-Unis, les moteurs, ou plutôt certains moteurs, marchent au pétrole lampant, tandis que ces mêmes moteurs, en France, ne peuvent l'employer. C'est que, par suite du régime fiscal auquel est soumis chez nous le commerce du pétrole, celui-ci contient relativement peu de constituants légers ; son point d'inflammabilité qui, d'après la loi, doit être au moins de 35 degrés centigrades, dépasse le plus souvent 50° C. En Amérique et en Angleterre, au contraire, le marché était alimenté avec des produits beaucoup plus volatils ou même avec les huiles lourdes. Ces produits émettent des vapeurs inflammables à 28° environ et sont donc facilement vaporisables. C'est ce qui explique que tel ou tel moteur vendu dans ces pays comme susceptible de marcher, à l'occasion, avec des kérosènes ou des paraffines (désignation commerciale dans ces pays du pétrole lampant), ne peut, en France, régulièrement fonctionner qu'à l'essence. Il est à remarquer, toutefois, que cette grosse difficulté dans l'emploi du lampant français se trouve largement compensée par une plus grande sécurité et que l'usage de ce combustible, pratiquement ininflammable à la température ordinaire, ne donne pas lieu aux accidents si dangereux résultant, surtout pour des moteurs agricoles ou marins, de l'utilisation de carburants plus légers. Ajoutons aussi que, dans les pays étrangers que nous citons, le point d'inflammabilité des pétroles mis dans le commerce tend, de plus en plus, à se rapprocher du point d'inflammabilité du lampant français, et que bientôt les moteurs de tous les pays se trouveront logés à la même enseigne et ne disposeront que d'un seul et même combustible ayant exactement les mêmes qualités et les mêmes défauts.



L'APPAREIL VAPORISATEUR

A, *tube de raccordement du vaporisateur au moteur ;* B, *billes métalliques ;* C, *arrivée des gaz d'échappement ;* D, *chambre de vaporisation ;* E, *chambre de circulation des gaz d'échappement ;* F, *bagues maintenant les billes ;* G, *raccordement au carburateur.*

Il est donc naturel que des efforts sérieux aient été tentés pour l'utilisation de notre pétrole, efforts contrariés par des difficultés très variées résultant de la constitution même de ce combustible. Si essence et pétrole sont, en effet, les produits du fractionnement successif par la distillation des huiles brutes telles qu'on les extrait des puits, de profondes différences existent cependant entre ces deux carburants. A la température et sous la pression atmosphérique ordinaire, l'essence est volatile; la dilution de ses vapeurs dans l'air forme un mélange détonant; le pétrole, au contraire, n'émet, dans les mêmes conditions, qu'une quantité de vapeur

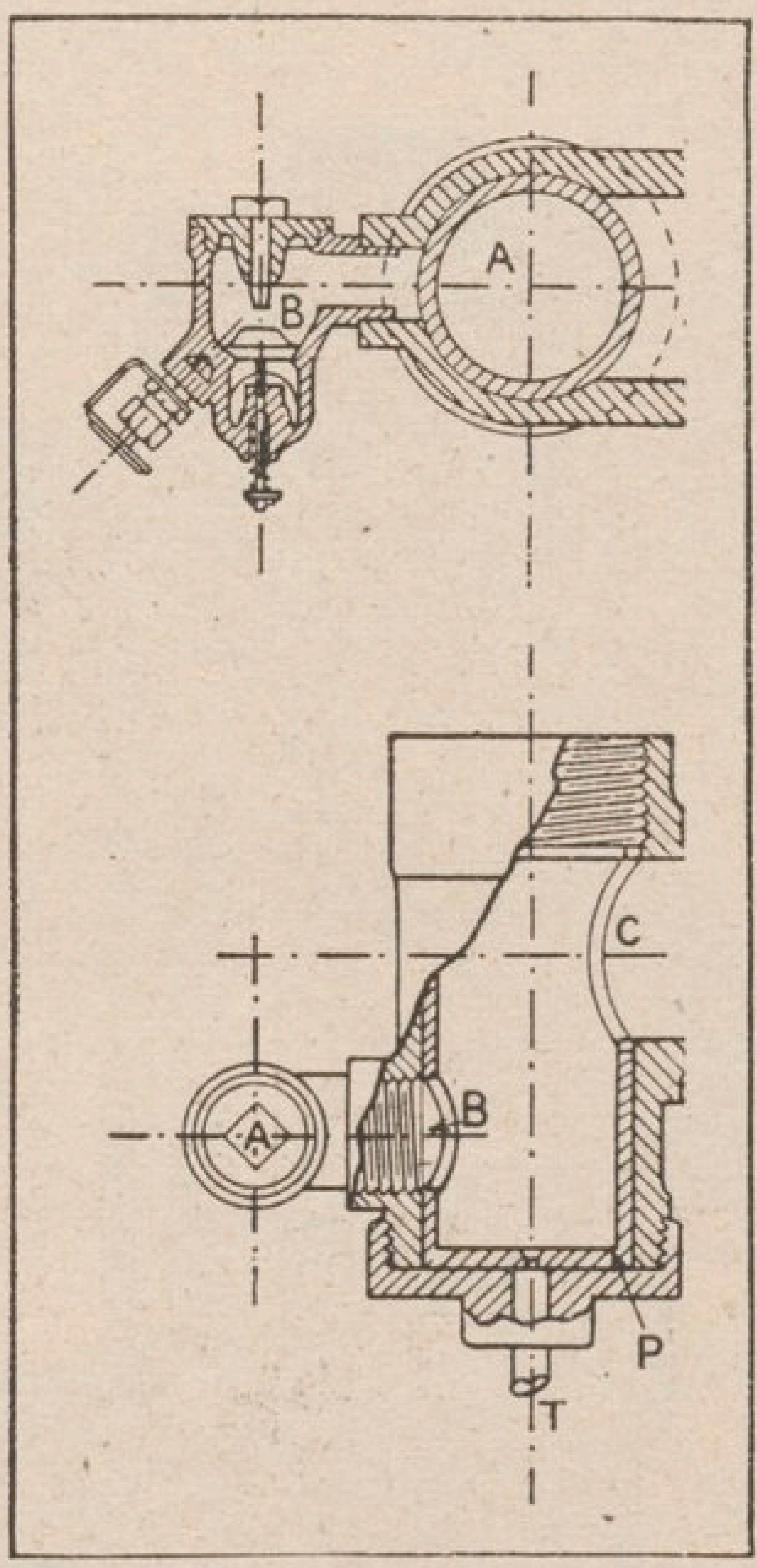
insignifiante et ne fournit avec l'air qu'un mélange absolument insuffisant pour permettre la bonne marche d'un moteur à explosion.

On peut, sans doute, obtenir avec ce carburant un mélange convenable soit en n'introduisant le pétrole et l'air dans le cylindre qu'en fin d'aspiration, c'est-à-dire dans un milieu où la diminution de pression, jointe à la vitesse de remplissage, favorise l'atomisation et la diffusion du liquide, soit encore en réchauffant l'air employé en lui faisant subir une forte compression préalable.

L'une et l'autre de ces deux méthodes ont donné d'intéressants résultats ; elles nécessitent toutefois l'emploi de moteurs spéciaux, de construction et de fonctionnement quelque peu compliqués ; à ce titre, elles paraissent s'appliquer surtout aux moteurs de puissance relativement élevée pour lesquels une réduction considérable de la dépense de carburant peut éventuellement compenser à la fois l'augmentation sensible de prix d'achat du moteur et l'obligation d'employer à la conduite de celui-ci un personnel de choix.

Il n'en est évidemment pas de même lorsqu'il s'agit de faire fonctionner au pétrole des moteurs à essence existant déjà. C'est pour ce motif que, depuis plusieurs années, de nombreuses tentatives ont été faites en vue de l'adaptation aux moteurs de types courants de dispositifs de vaporisation par réchauffage du carburant.

Cette méthode, apparemment peu compliquée au point de vue mécanique, n'est pas cependant sans présenter de sérieuses difficultés de réalisation. Le pétrole n'est pas, en effet, un liquide de composition homogène, c'est un mélange de produits très divers et de volatilités très différentes ; en le réchauffant, on opère donc une véritable distillation fractionnée ; le liquide peut bien, sous l'influence de la chaleur, se transformer en vapeurs, mais celles-ci, de densité et d'inflammabilité variées, se mélangent difficilement entre elles ; leur allumage se fait mal ; les explosions sont brutales ; le moteur est irrégulier ; il « cogne » ; la combustion du pétrole est incomplète ; une fraction importante du combustible passe ainsi en fumée dans la canalisation ou vient encrasser, en se déposant à l'état liquide ou même solide, les organes essentiels du moteur : piston, soupapes, bougies, etc... C'est dire que l'emploi du pétrole lampant par l'adjonction au moteur d'un système de réchauffage comporte un réglage évidemment très délicat en raison de la multiplicité des éléments susceptibles de l'influencer : vitesse, charge du moteur, température des gaz d'échappement utilisés pour le réchauffage, etc... Il exige une attention constante et aussi des facultés d'observation, de raisonnement et de décision généralement incompatibles avec les conditions d'emploi ou de conduite du moteur.



COUPE ET PLAN DE L'ALTERNATEUR

A, *vanne de changement de combustible;* B, *arrivée du mélange d'air et d'essence;* C, *admission du mélange d'air et de pétrole;* P, *piston masquant l'un ou l'autre des orifices* B *et* C; T, *tige commandant le piston.*

Voici un petit appareil nouveau, sorte de pulvérisateur réchauffeur qui s'intercale entre le carburateur ordinaire du moteur et l'orifice d'admission des gaz ; il nous semble donner une solution élégante et ingénieuse du problème.

Cet appareil se compose d'une chambre placée à l'intérieur d'une enveloppe cylindrique reliée elle-même, d'une part, à la tubulure de sortie des gaz brûlés venant du moteur et, d'autre part, au pot pour l'échappement.

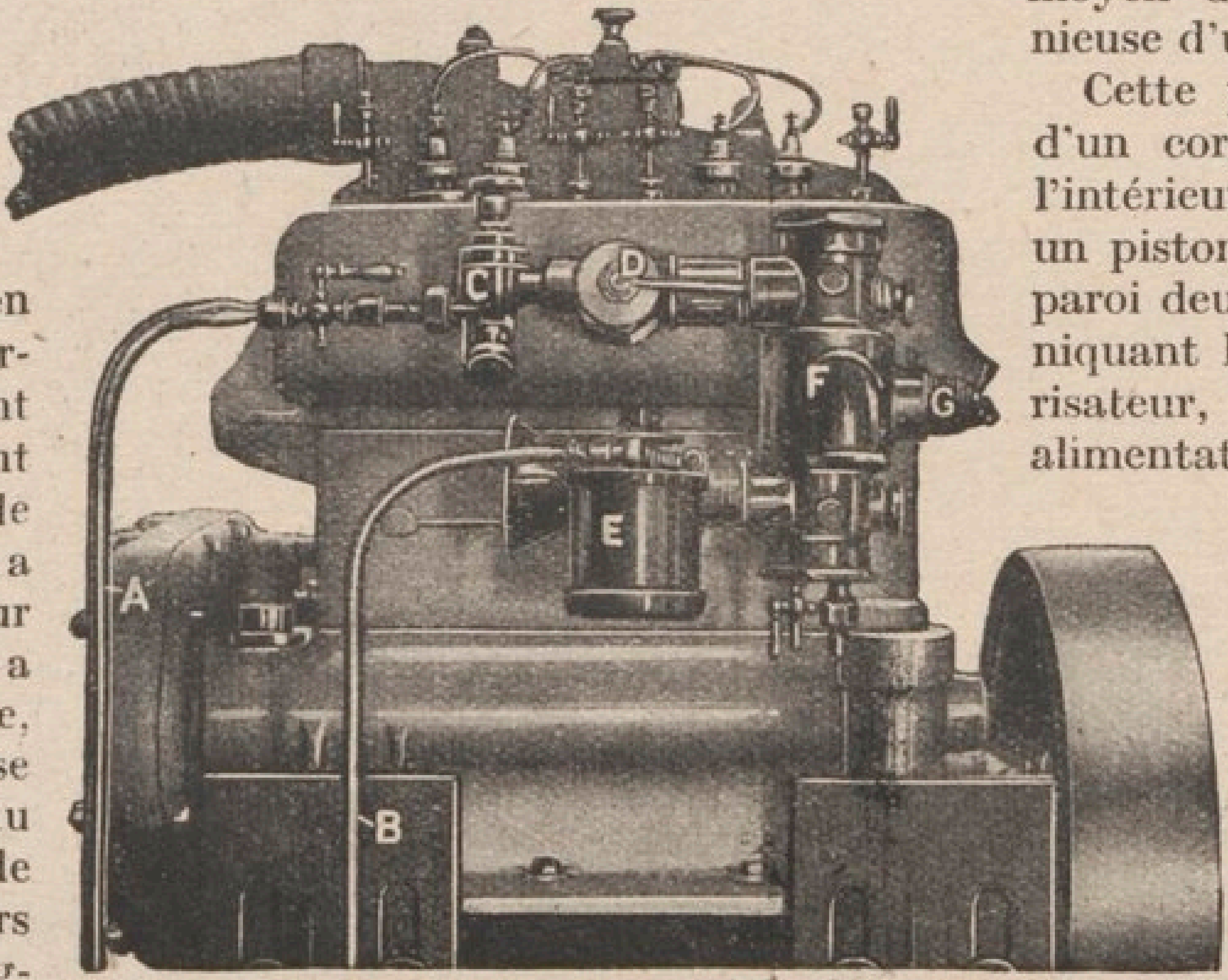
A l'intérieur de cette chambre, qui communique à sa partie inférieure avec le carburateur, et, à sa partie supérieure avec la tuyauterie d'aspiration du moteur, sont renfermées des billes métalliques de très petit diamètre, retenues par l'interposition de bagues perforées insérées convenablement entre la chambre et les tubulures d'entrée et de sortie du mélange gazeux.

La paroi de la chambre étant fortement réchauffée, sur une grande partie de sa hau

teur, par les gaz d'échappement qui circulent dans l'enveloppe, la colonne de billes se trouve portée à une température élevée et elle offre ainsi pour le mélange d'air et de pétrole qui la traverse une surface de chauffe très étendue sous un volume très réduit. L'espace réservé au passage du mélange entre les billes équivaut à un tube capillaire qui mesurerait 300 mètres de longueur

Les billes sont libres et ne remplissent que partiellement la chambre ; entraînées à la partie supérieure de celle-ci par l'aspiration du moteur, elles retombent lorsque cette aspiration cesse. L'écart existant entre chacune d'elles, la position qu'occupe leur masse à l'intérieur de la chambre, la hauteur de la colonne en contact avec la partie extérieurement réchauffée varient avec l'intensité de l'aspiration. La quantité de chaleur transmise de la paroi à la masse, ainsi que la vitesse d'écoulement du mélange d'air et de pétrole à travers cette masse, augmentent ou diminuent donc selon l'allure du moteur; dans ces conditions, quelle que soit cette allure, la température du mélange à sa sortie de la chambre ne varie que dans de faibles limites. En outre, l'interposition des billes, tout en assurant la répartition régulière de la chaleur dans toute la section de la chambre, réalise un brassage énergique de l'air et du pétrol dont le contact intime se trouve favorisé par les variations de vitesse, les expansions et les contractions successives imposées au mélange par les dispositions de l'appareil.

On obtient ainsi, quel que soit le régime de marche, un mélange de densité et de composition aussi favorables que possible, réchauffé à une température convenable pour l'émission de vapeurs inflammables et dont la combustion particulièrement facile et régulière n'entraine aucun encrassement anormal des organes internes du moteur.



LE VAPORISATEUR MIS EN PLACE SUR LE MOTEUR

A, tube d'arrivée de l'essence ; B, tube d'arrivée du pétrole ; C, mélangeur d'air et d'essence ; D, alternateur, servant à répartir alternativement dans le moteur l'un ou l'autre des mélanges carburés ; E, carburateur ordinaire par où passe le pétrole ; F, pulvérisateur ; G, tube réchauffeur branché sur l'échappement.

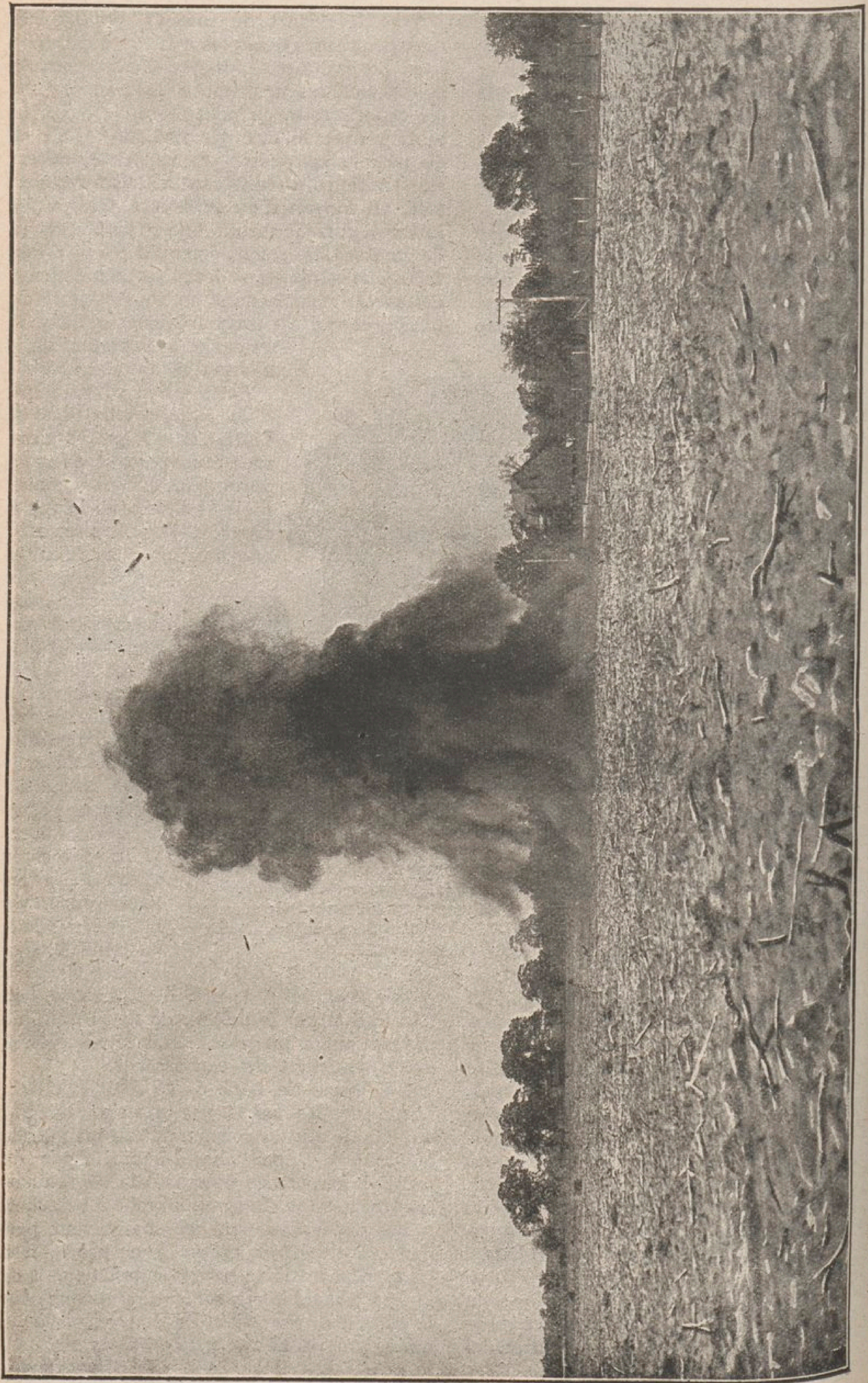
Pour le départ du moteur, on emploie l'essence ; après quelques minutes de marche avec ce carburant, les gaz d'échappement ayant suffisamment élevé la température du vaporisateur, on peut alors alimenter le moteur avec le mélange réchauffé d'air et de pétrole provenant du vaporisateur. La substitution d'un carburant à l'autre s'opère soit, au moyen d'un robinet à trois voies intercalé entre le carburateur et les réservoirs de combustible ; soit, lorsqu'il s'agit d'installations comportant des mises en marche et des arrêts répétés dans un court espace de temps, ce qui est assez fréquent en mer, au moyen d'une vanne ingénieuse d'un modèle spécial.

Cette pièce se compose d'un corps cylindrique à l'intérieur duquel tourne un piston portant dans sa paroi deux orifices communiquant l'un avec le vaporisateur, l'autre avec une alimentation séparée d'air et d'essence (carburateur auxiliaire ou mélangeur à soupape). La rotation de ce piston détermine la substitution au mélange air-essence du mélange réchauffé d'air et de pétrole ou vice-versa. L'emploi de cette vanne évite les inconvénients multiples résultant pour la mise en marche (ou le retour éventuel à la marche à l'essence) de l'aspiration par le moteur de la quantité de pétrole qui a pu rester dans le réservoir à niveau constant du carburateur.

Les essais au banc de ce petit appareil, ainsi que les essais sur moteurs marins, ont établi que la consommation en pétrole lampant est, par cheval-heure, égale ou même inférieure en volume à la consommation du même moteur en marche à l'essence.

Les expériences qui se poursuivent permettent d'espérer qu'un jour prochain il sera possible de se passer complètement de l'essence, aussi bien pour les départs que pour la marche au ralenti, et ce ne sera pas là un mince progrès ni une petite économie.

GEORGES BELL.



PLUSIEURS EXPLOSIONS DE CE GENRE DÉFRICHENT PRESQUE COMPLÈTEMENT UN TERRAIN JUSQU'ALORS RÉPUTÉ INCULTIVABLE

LA TERRE DÉFRICHÉE, LABOURÉE ET FERTILISÉE PAR LA DYNAMITE

Par André CROBER

La France, on le dit souvent, est un pays qui se suffit, *ou presque*, à lui-même, c'est-à-dire dont les ressources du sol suffisent, *ou presque*, à nourrir toute la population. Or, ce *presque*, nous devrions le voir à tout jamais éliminé, car la riche terre de France ne demande qu'à produire tout ce dont nous avons besoin et même davantage.

D'aucuns diront sans doute qu'au moment où plus que jamais « l'agriculture manque de bras » — pour employer une expression populaire — il n'est guère raisonnable d'espérer que les conditions de production du sol puissent être grandement améliorées dans un avenir prochain. Certes, il eût mieux valu réaliser l'exploitation rationnelle, non seulement de notre terre cultivée, mais encore de toute notre terre cultivable, avant qu'une guerre ne vînt terriblement éclaircir les rangs de nos agriculteurs. Mais ce n'est pas le moment de nous appesantir sur le passé et, précisément parce que les temps n'ont jamais été aussi peu propices, nous devons considérer comme un impérieux devoir d'essayer de nous suffire entièrement à nous-mêmes, et même d'obtenir de notre sol plus qu'il nous est nécessaire. Ainsi, tout en ménageant à la fois nos finances appauvries et notre pouvoir d'achat à l'extérieur, nous pourrions vendre à des pays moins privilégiés le surplus de nos récoltes et nous créer de ce fait d'appréciables revenus.

Or, en dehors des amendements et engrais, de l'outillage aratoire perfectionné que représente la motoculture et dont on ne saurait dire trop de bien ; bref, en dehors de

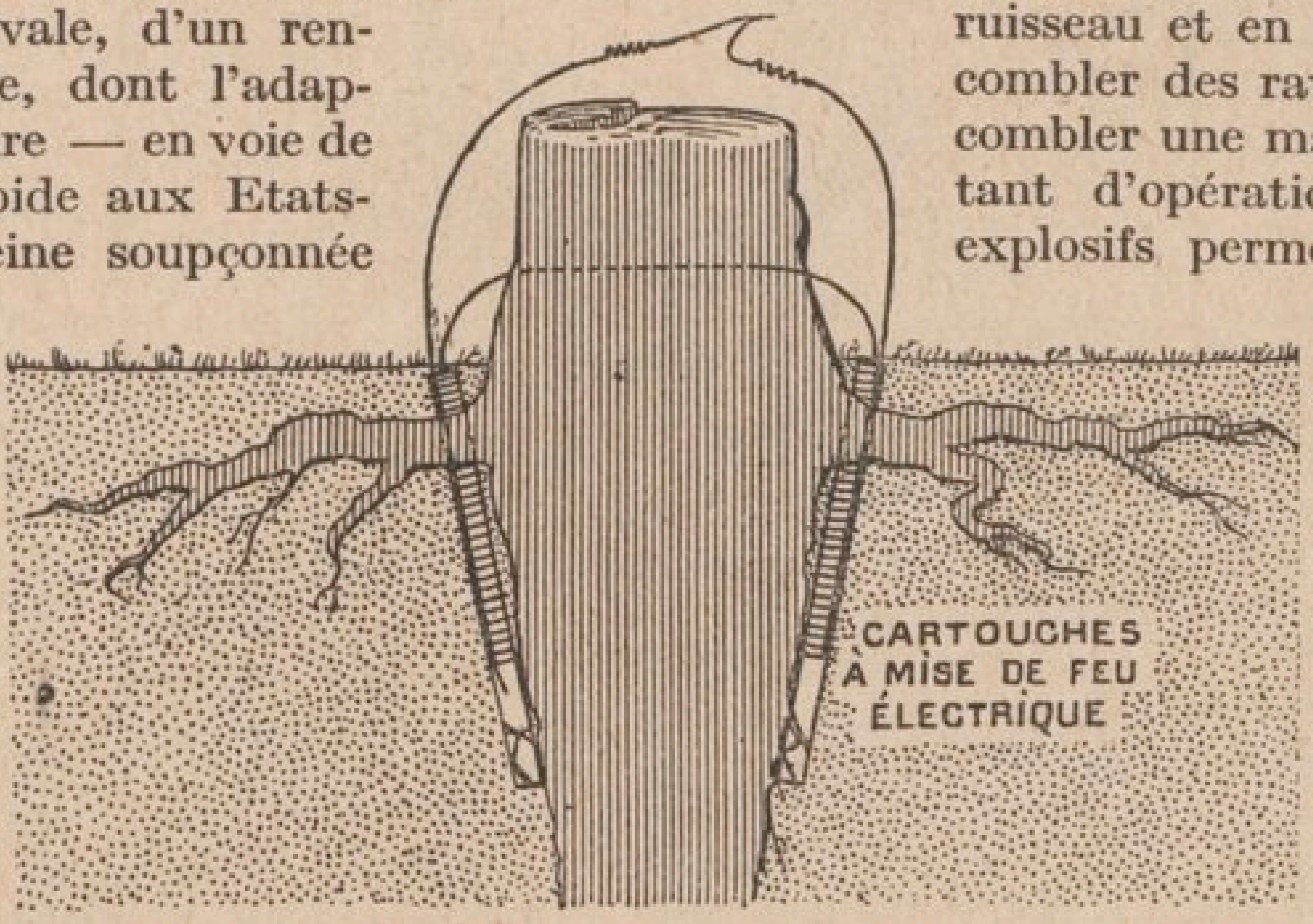
POUR FAIRE SAUTER CETTE SOUCHE A LA DYNAMITE, L'OUVRIER PERCE, AU MOYEN D'UNE LONGUE TARIÈRE, LE CANAL DANS LEQUEL SERA INTRODUITE LA CARTOUCHE

A LA TARIÈRE EST SUBSTITUÉ ENSUITE UNE SORTE D'ALÉSOIR QUI DÉGAGE, EN TASSANT LES PAROIS, LE CANAL CREUSÉ LE LONG DE LA RACINE PRINCIPALE DE LA SOUCHE A EXTIRPER

LA CARTOUCHE EST ALORS INTRODUITE JUSQU'AU FOND DU CANAL ; ON REBOUCHE ENSUITE CE DERNIER JUSQU'A LA SURFACE DU SOL, EN AYANT SOIN DE TASSER FORTEMENT LA TERRE

tous les moyens, de toutes les méthodes et ressources à la disposition du cultivateur, et plus ou moins bien connus de lui, il est un instrument merveilleux de travail, d'une puissance sans rivale, d'un rendement inégalable, dont l'adaptation à l'agriculture — en voie de généralisation rapide aux Etats-Unis — est à peine soupçonnée en France. Cet instrument, c'est l'explosif brisant, et plus particulièrement la dynamite.

Considérons, exclusivement, au point de vue culture, un terrain quelconque. Deux choses nous intéressent en lui : le dessus et le dessous, c'est-à-dire, d'une part, sa surface, et, d'autre part, sa texture et sa structure.



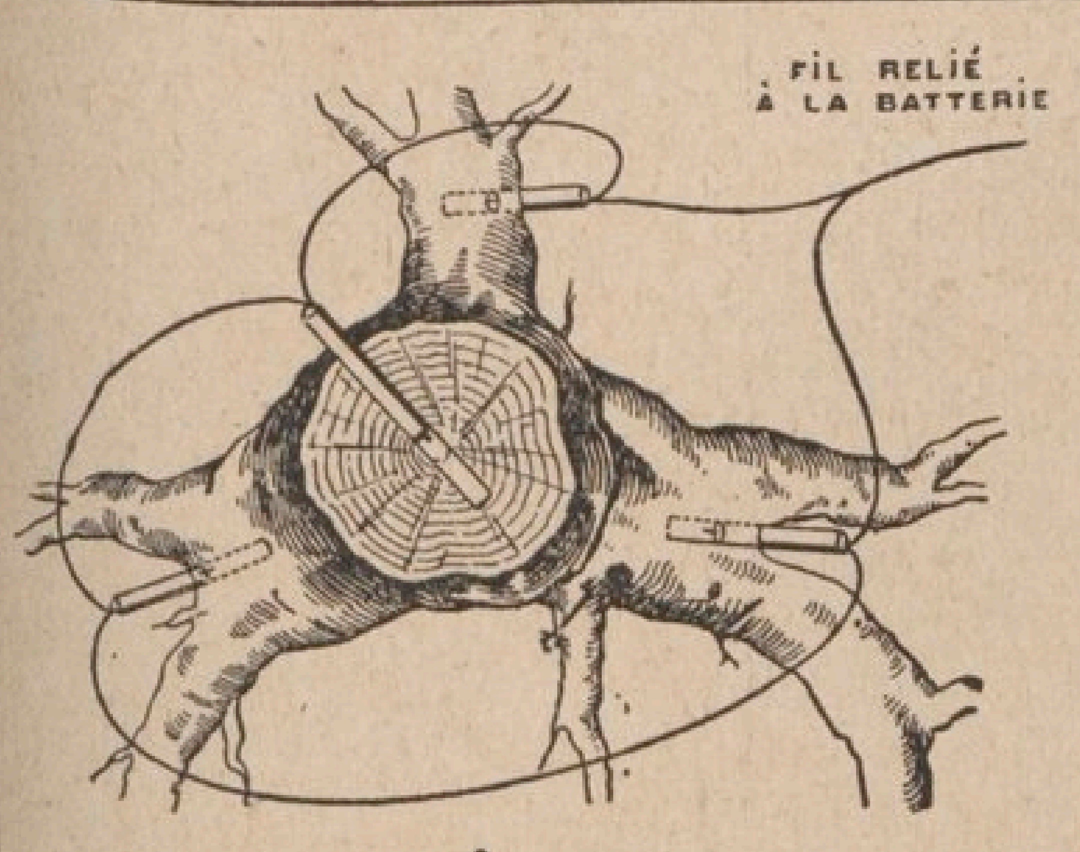
COUPE D'UNE SOUCHE PRÉPARÉE POUR L'EXPLOSION

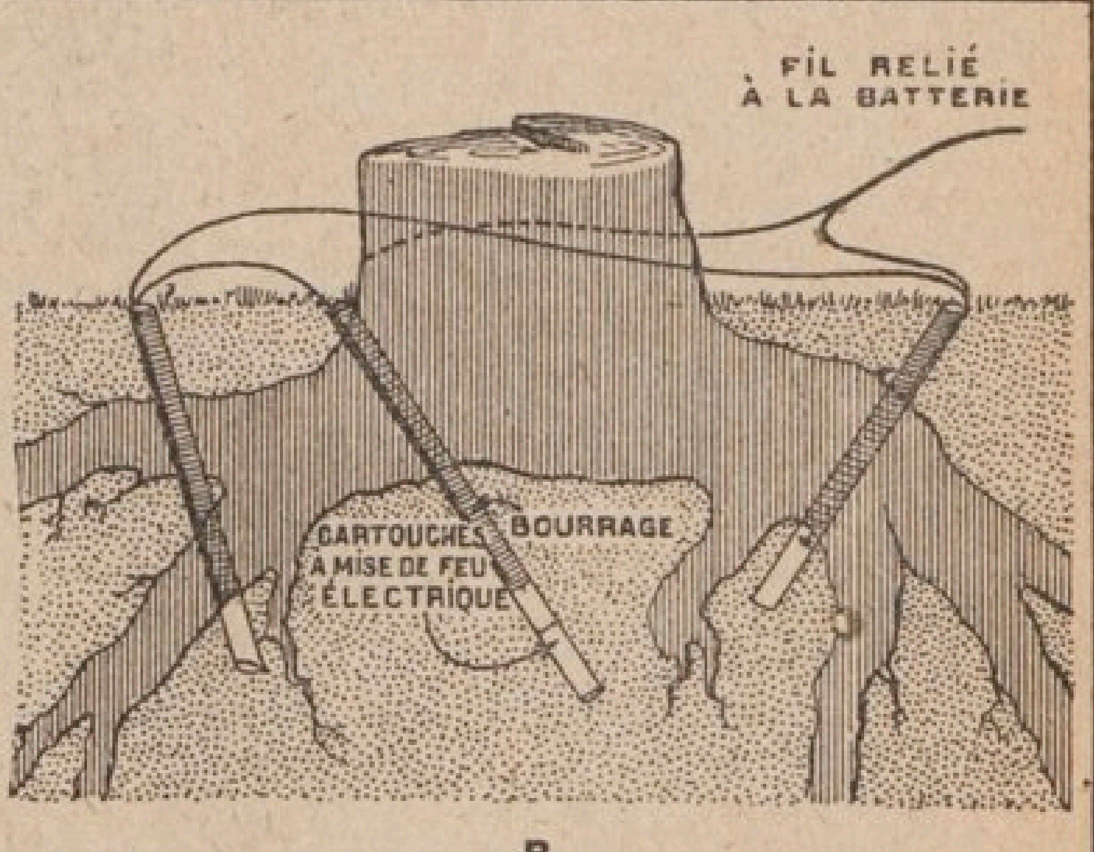
Lorsque la racine principale de la souche est médiane et dirigée verticalement, on perce deux canaux ou plus le long de cette racine et on les charge avec des cartouches à mise de feu électrique.

Voyons d'abord sa surface. Elle peut être plane, inclinée, ravinée, etc. ; elle peut être aussi plus ou moins recouverte de souches d'arbres, de roches ou blocs de pierres, pour ne pas parler des broussailles et mauvaises herbes qu'il est, en général, facile d'éliminer ; elle peut être traversée par un ruisseau au cours plus ou moins capricieux, plus ou moins sujet aussi à sortir de son lit au moment des crues, par suite, généralement, d'une profondeur insuffisante ; une mare plus ou moins bourbeuse, plus ou moins malsaine, peut diminuer la superficie du terrain. Or : déraciner des souches, extraire ou briser des roches ; rectifier le cours d'un ruisseau et en approfondir le lit ; combler des ravins ; assécher ou combler une mare, etc., sont autant d'opérations que seuls les explosifs permettent d'effectuer rapidement, complètement et à bon marché. Faute de recourir à leur emploi, de bons terrains de culture demeurent en friche ou incomplètement exploités et, sous le beau ciel de France, des terres fertiles restent improductives et sans la moindre valeur.

Si nous considérons maintenant la structure et la texture du terrain lui-même, le problème devient à la fois plus intéressant et plus délicat, outre qu'il est beaucoup moins connu.

Pour que les cultures puissent bien prospérer, il faut, on le sait, que la terre végétale renferme en quantité suffisante et en proportions convenables les éléments nécessaires à la nutrition des plantes ; il faut, en outre, qu'elle soit suffisamment perméable à l'eau et à l'air ; enfin, il faut qu'elle soit meuble pour être facile à travailler et

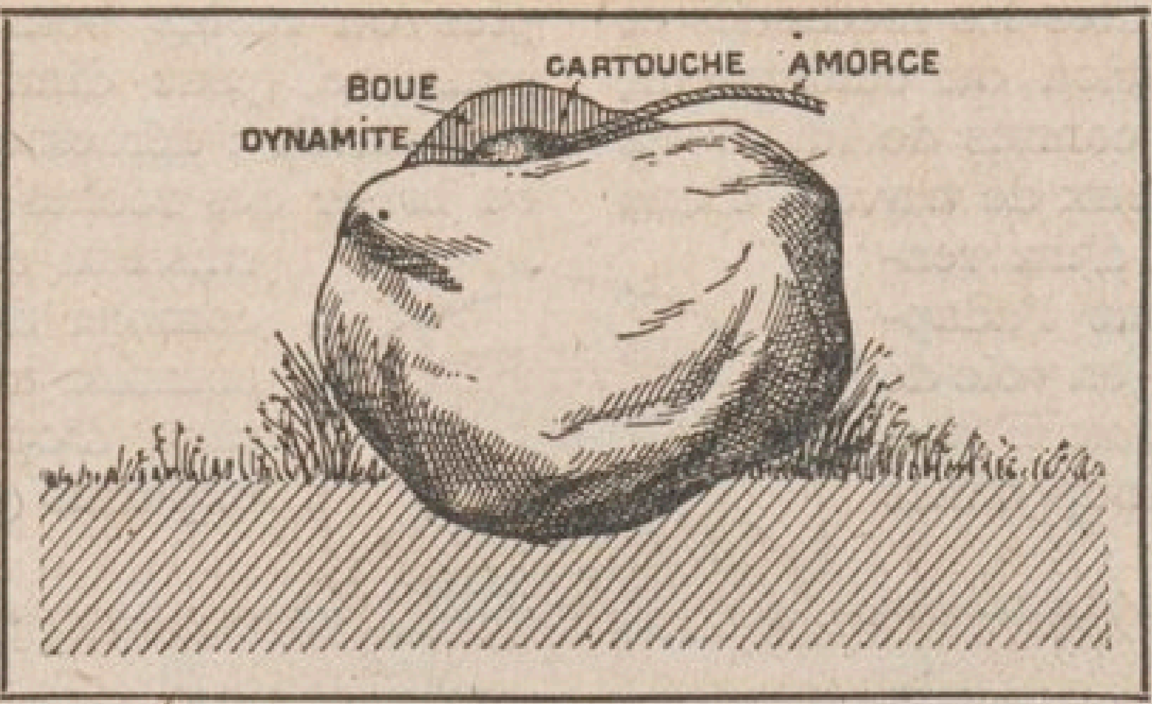




COUPES TRANSVERSALE ET VERTICALE D'UNE SOUCHE A TROIS GROSSES RACINES RAYONNANTES

Une charge est placée directement sous la souche et d'autres charges sont introduites dans des canaux transperçant les trois racines principales. A *montre la répartiton des charges et* B *indique comment les canaux d'explosion doivent être orientés. La mise de feu est également électrique.*

pour que les racines puissent s'y enfoncer aisément. On a, à ce propos, trop de tendance à croire que les racines des plantes se développent plus en rayonnant qu'en profondeur ; s'il en est ainsi dans beaucoup de cas, c'est que les conditions du sol ne permettent pas toujours aux racines de se développer verticalement, comme elles y ont une tendance *naturelle*. Je dis *naturelle* parce que les racines vont littéralement chercher l'eau nécessaire à l'assimilation des éléments nutritifs nécessaires à la plante et que, cette eau étant descendue par gravité, l'humectation de la terre est, logiquement, plus abondante au fur et à mesure que les profondeurs atteintes sont plus considérables.



BLOC PRÉPARÉ POUR SAUTER A LA DYNAMITE

Pour briser un semblable bloc, on le prépare comme il est indiqué ci-dessus, en ayant soin de toujours placer la charge à l'endroit où frapperait le marteau si la pierre était assez petite pour être brisée de cette manière. La boue, qui doit être très consistante et exempte de pierres, présente une couche de douze à quinze centimètres d'épaisseur.

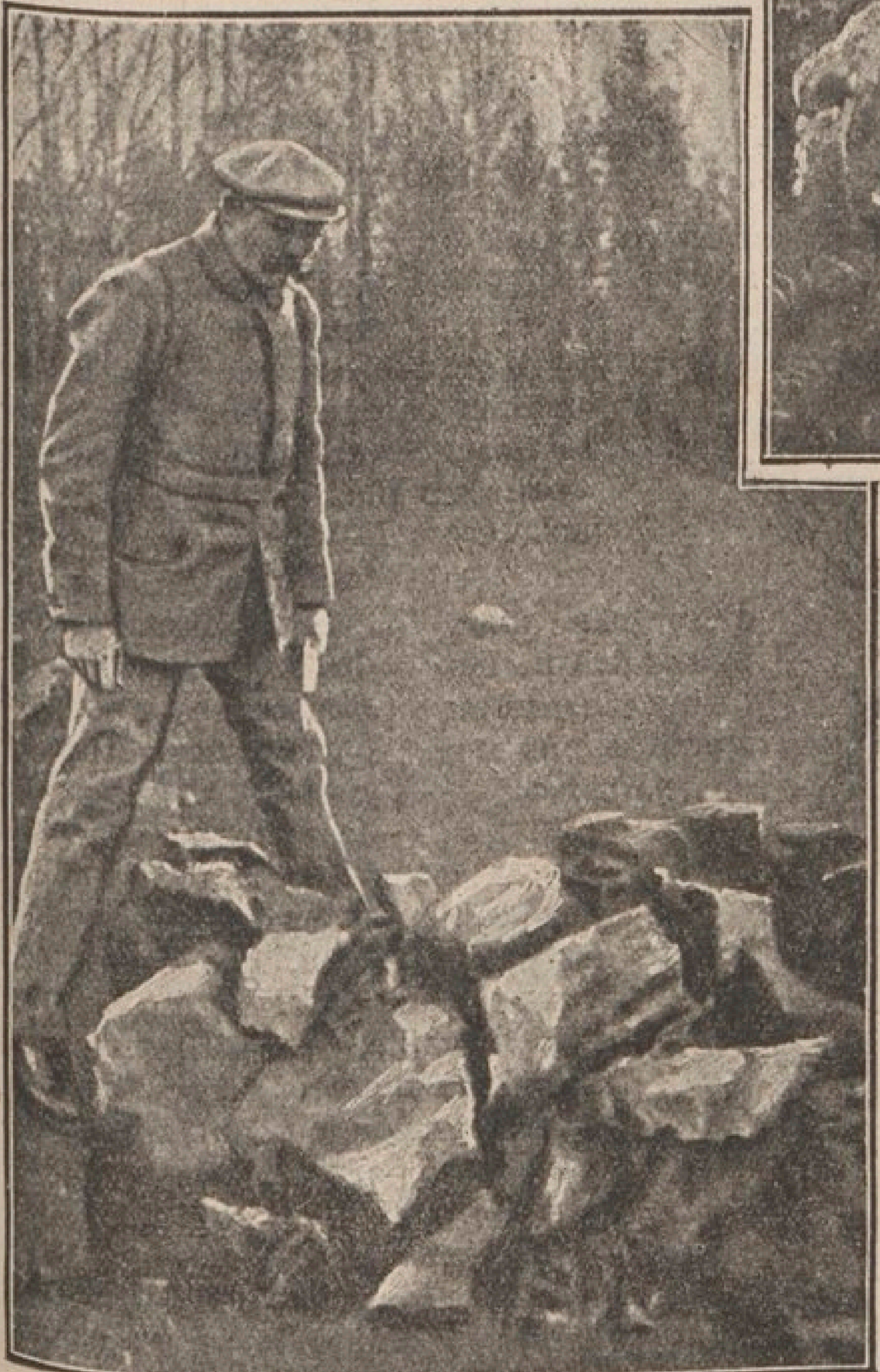
Les racines des céréales, comme le blé, l'avoine et l'orge, s'enfoncent aisément jusqu'à deux mètres cinquante et trois mètres au-dessous de la surface ; la vigne descend à six mètres cinquante si elle en a la possibilité ; l'alfa à neuf mètres. Les racines de la luzerne pèsent autant que tout le poids de la récolte d'une année. La longueur totale de toutes les racines d'un pied de blé peut atteindre facilement quatre-vingts mètres ; quant à la longueur totale des racines d'un seul pied de maïs, on peut l'évaluer aux environs de *quatre cent trente* mètres. Ces quelques données surprennent généralement les personnes auxquelles on les cite, et plus d'un cultivateur

LES DÉBRIS ET L'EXCAVATION D'UNE SOUCHE DÉRACINÉE ET FRAGMENTÉE PAR LA DYNAMITE

ne se rend pas un compte exact de la dimension du système souterrain des plantes et de la profondeur à laquelle il s'étend. Elles montrent, de toute évidence, que les racines demandent une zone nutritive bien plus profonde, sinon souvent plus étendue, que celle qui leur est généralement dévolue. La charrue la plus moderne ne travaille guère plus profondément la terre végétale que ne le faisait le rudimentaire instrument aratoire des anciens ; elle va plus vite et fait mieux, c'est entendu ; mais, même munie des organes nouveaux précisément conçus pour approfondir le sillon creusé par le soc ordinaire, elle ne fait qu'*égratigner* la surface. Le soc de la charrue, ainsi d'ailleurs que les organes travailleurs de la plupart des autres instruments agricoles, ont, de plus, le grand inconvénient de tasser et de durcir, par leur poids et le mouvement de glissement qui leur est imprimé, le fond du sillon, surtout si le sol est de nature tant soit peu argileuse. Ainsi, le volume de terre végétale mis à la disposition de la plante est, jusqu'à un certain point, limité à l'avance en profondeur ; l'humus, les engrais divers, l'eau, l'air surtout, n'ont guère d'action au delà de la couche travaillée. Privée de tout ce qui la rendrait fertile, la terre de dessous ne *tente pas* les racines de la plante qui, faute de pouvoir mieux faire, croissent plus ou moins obliquement ou horizontalement, sans jamais atteindre le développement qu'une bonne culture exigerait. Retenons ce point : la terre végétale, quelle que soit sa structure, n'est pas travaillée assez profondément.

UNE CALOTTE DE BOUE RECOUVRE LA CHARGE DE DYNAMITE

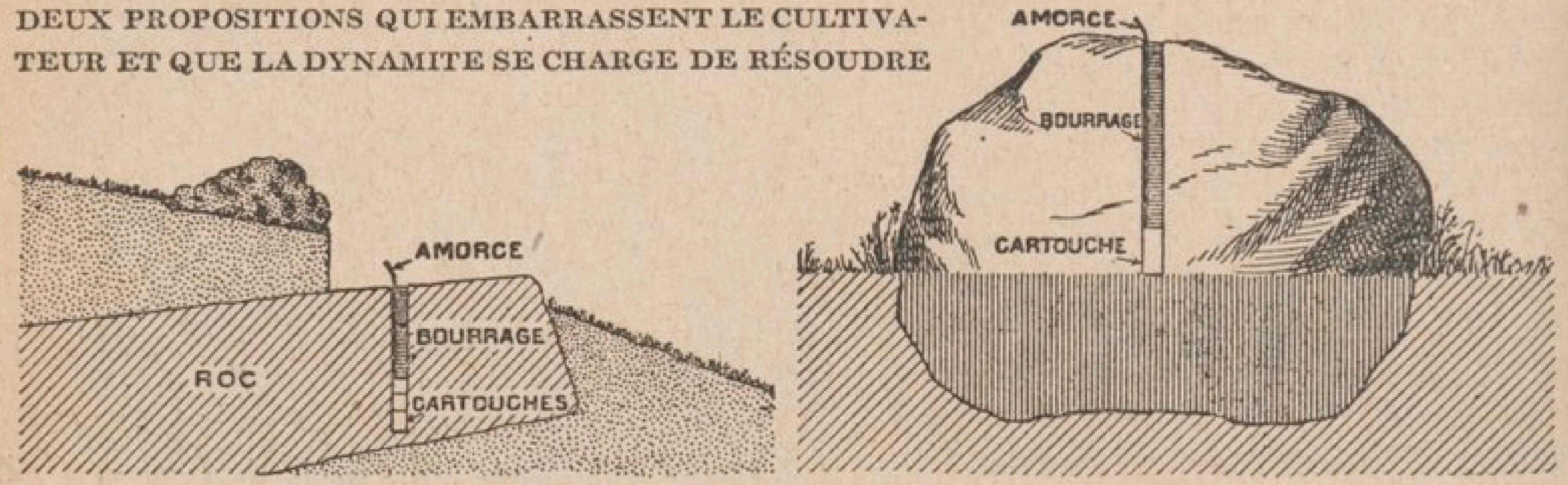
Après avoir extrait l'explosif de sa cartouche, on en fait un petit tas que l'on amorce et recouvre ensuite de boue épaisse.



LE BLOC FRAGMENTÉ PAR L'EXPLOSION

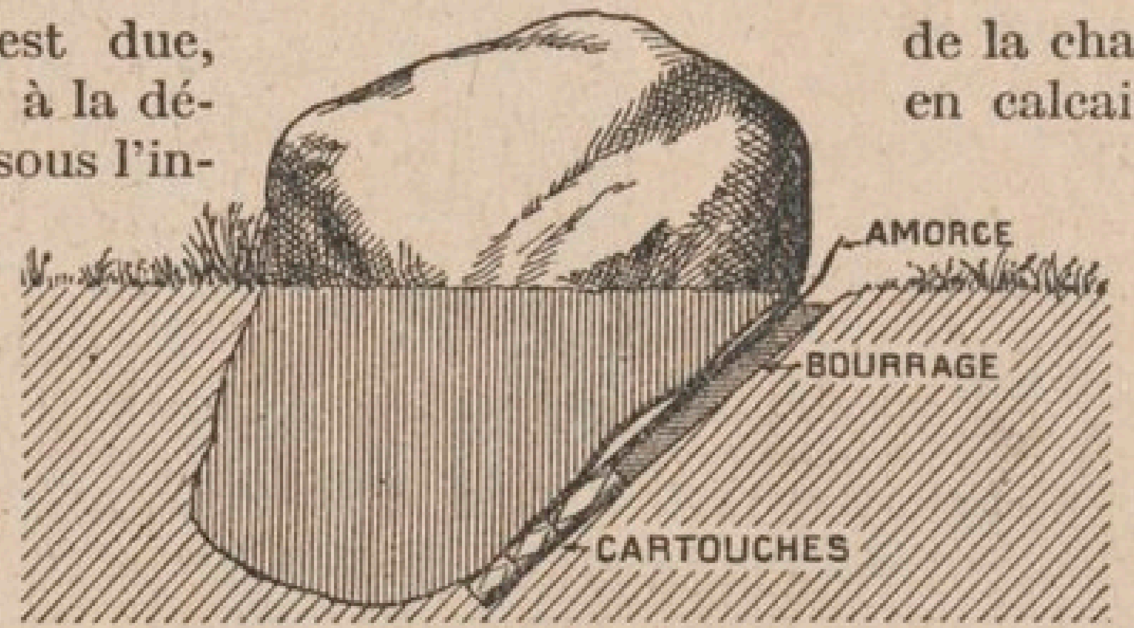
Des fermiers américains ont bâti d'élégantes maisons avec les fragments des rocs brisés dans leurs champs.

DEUX PROPOSITIONS QUI EMBARRASSENT LE CULTIVATEUR ET QUE LA DYNAMITE SE CHARGE DE RÉSOUDRE



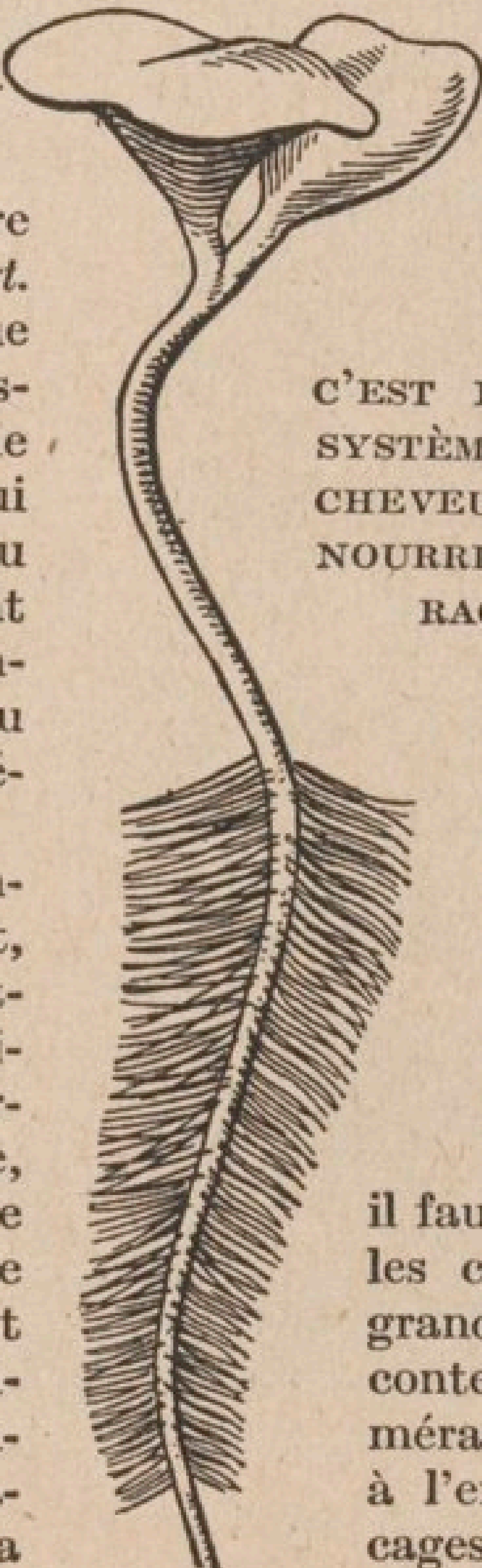
Un canal est, dans les deux cas, percé verticalement dans le roc : l'explosif est poussé jusqu'au fond et le canal est rebouché de manière à former un bourrage au-dessus de la dynamite.

La terre végétale est due, comme chacun le sait, à la désagrégation des roches sous l'influence d'actions diverses comme le vent, l'eau, les gelées, les insectes et les microbes mêmes, ainsi qu'à la décomposition des végétaux et des animaux. Ces débris sont parfois, comme sur certains plateaux par exemple, restés à l'endroit même où ils se sont formés. Mais, le plus souvent, comme dans les vallées et les plaines, ce sont les eaux qui ont accumulé la terre végétale dite alors *terre de transport.* Il est évident, en conséquence, que la composition de la terre de sous-sol peut être très différente de celle de la terre qui la recouvre et lui être, notamment, très supérieure au point de vue fertilité. Autre point à retenir : il peut être très avantageux de substituer ou tout au moins de mélanger à la terre végétale de surface celle du sous-sol.



CHARGE PLACÉE POUR SOULEVER, AVANT DE LE BRISER, UN BLOC EN PARTIE ENTERRÉ

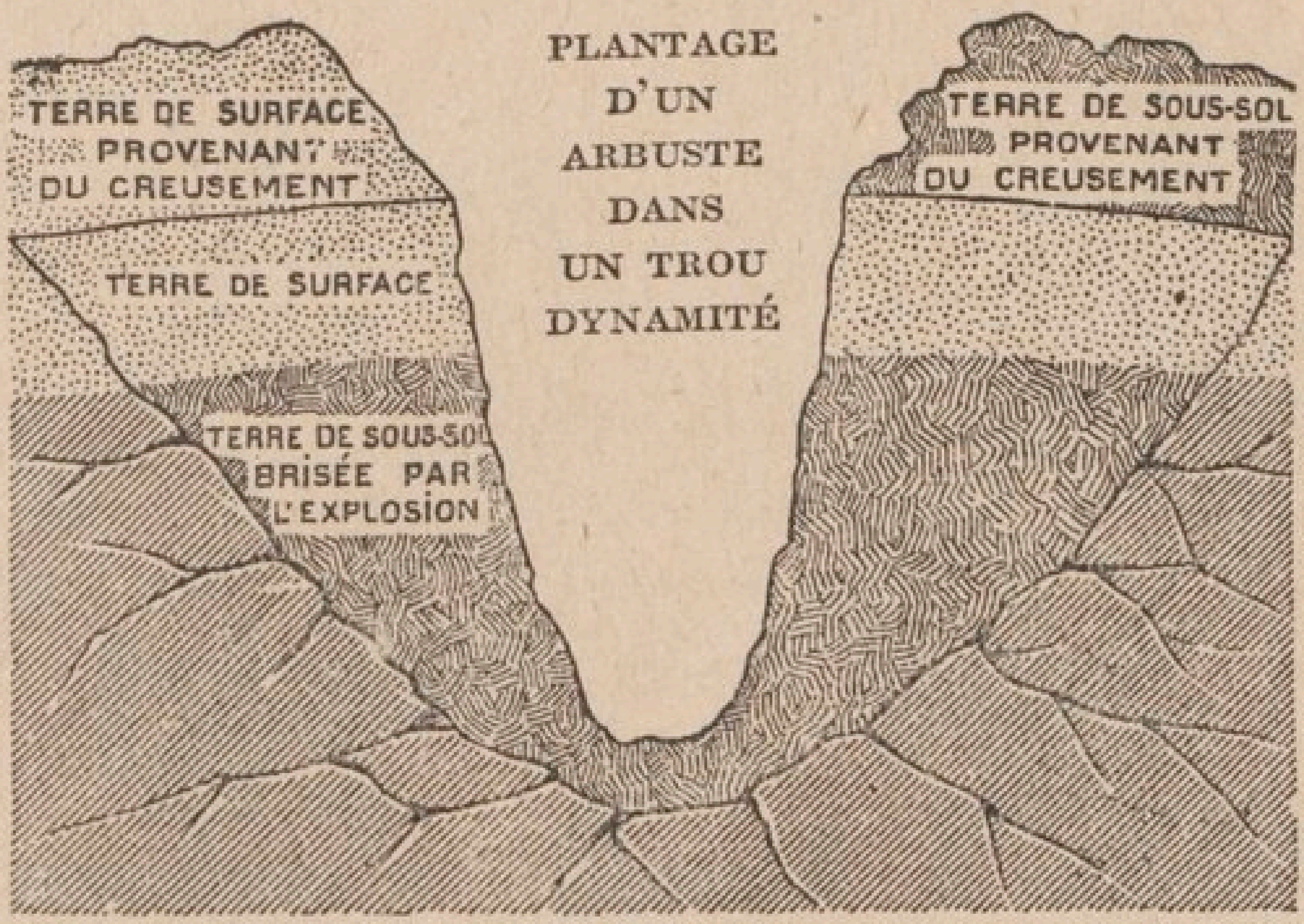
Si la terre végétale n'est pas composée comme il a été dit plus haut, ce n'est pas de la *terre franche,* c'est-à-dire bien fertile ; elle est alors argileuse, sableuse, calcaire ou tourbeuse, suivant que l'argile, le sable, etc., prédominent. Si donc la terre du sous-sol est identique à celle de la surface, il n'y a qu'un remède, c'est d'ajouter à cette dernière l'amendement qui lui convient. On amendera, par exemple, un sol trop sableux avec de la marne ; on ajoutera de la chaux aux terres pauvres en calcaire ou trop acides. (On ne sait pas assez que, dans la plupart des cultures, il est presque impératif de neutraliser l'acidité du sol.) Or, quels que soient l'amendement ou l'engrais nécessaire, il y a le plus grand intérêt à ce que leur addition soit faite de manière à fertiliser la plus grande couche possible de terrain, comme nous avons reconnu nécessaire de labourer beaucoup plus profondément le sol. C'est là un troisième point important à retenir.



C'EST PAR LEUR SYSTÈME DE FINS CHEVEUX QUE SE NOURRISSENT LES RACINES

Il s'en faut souvent de beaucoup que la structure d'un sol soit parfaitement homogène. A des profondeurs diverses, la terre végétale renferme de gros cailloux, des petites roches, des poches d'eau, des conglomérats argileux. Qu'il ait été ou non déjà travaillé, un sol peut être trouvé, au moment de le labourer, marécageux ou, au contraire, durci et crevassé par une sécheresse prolongée. Ces cailloux et ces roches, il faudrait les extirper ; ces poches d'eau, les crever, et, souvent, pour son plus grand bien, imprégner la terre de leur contenu. Il faudrait rompre ces conglomérats, briser cette terre durcie, rejeter à l'entour l'eau et la boue des marécages et y substituer de la terre sèche

empru‸tée aux couches inférieures. Or, tout cela, comme aussi notre premier point qui était de labourer plus profondément, notre second point : mélanger éventuellement à la terre végétale de surface celle du sous-sol, et notre troisième point : amender et fertiliser, quand besoin est, non seulement la terre de surface, mais encore une couche importante de celle qu'elle recouvre, tout cela peut être fait, obtenu, exécuté pour presque rien, par presque rien... en apparence du moins, puisqu'il s'agit de simples petits bâtons sans prétention : des bâtons de dynamite, il est vrai !



Le dynamitage du trou ayant rendu très meubles et la terre de surface et celle de sous-sol, les racines pourront se développer plus librement que dans un sol excavé à la pioche.

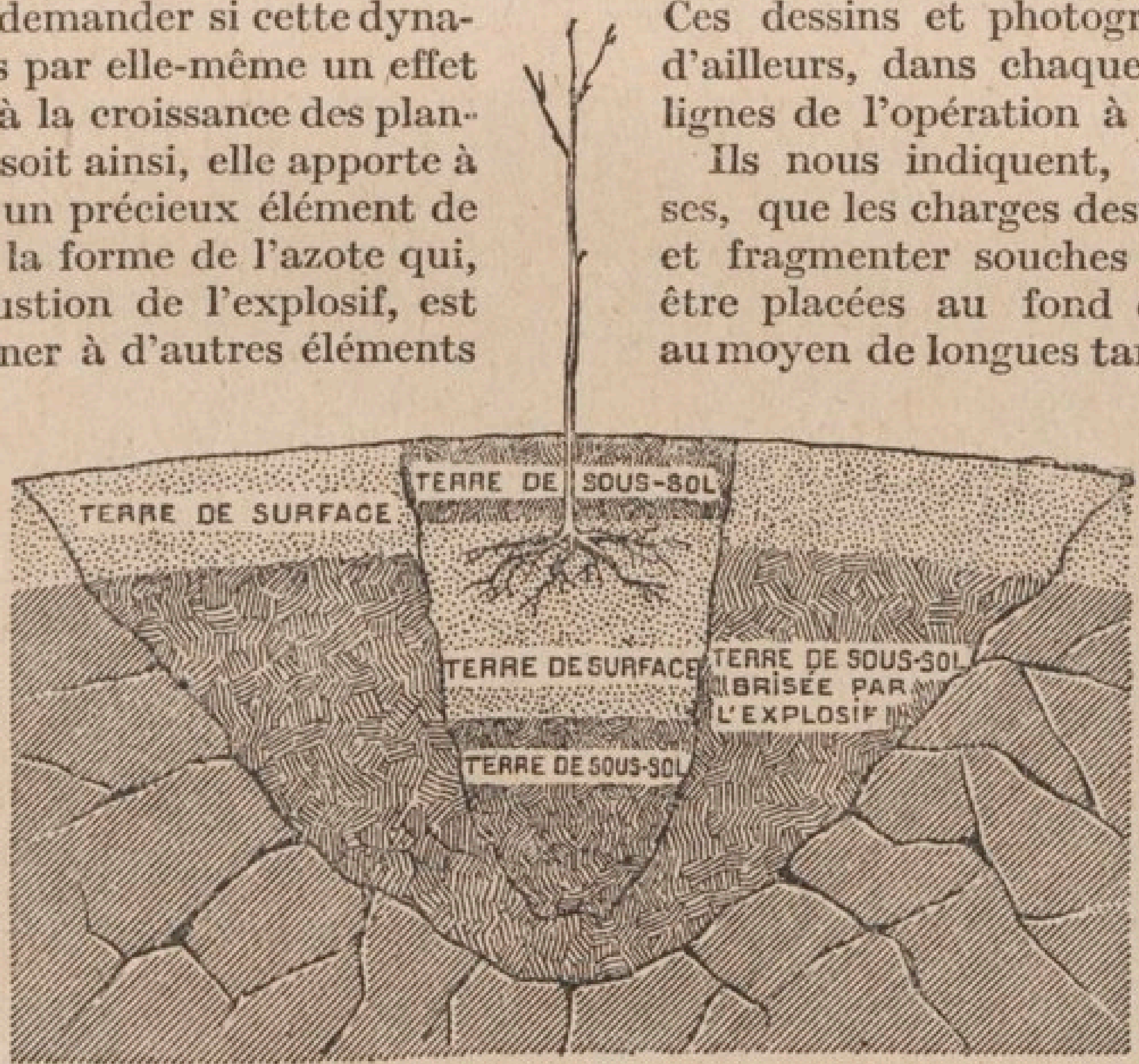
On pourrait se demander si cette dynamite n'aurait pas par elle-même un effet nocif ou nuisible à la croissance des plantes. Loin qu'il en soit ainsi, elle apporte à la terre végétale un précieux élément de fertilisation sous la forme de l'azote qui, issu de la combustion de l'explosif, est amené à se combiner à d'autres éléments qui le fixent dans la terre. C'est pour cette raison que la terre végétale de nos champs de bataille sera essentiellement une terre fertile.

Comme il a été dit, les Américains utilisent depuis longtemps la dynamite non seulement pour nettoyer, défricher, aplanir la surface d'un terrain, mais aussi pour labourer profondément le sol, mélanger intimement les engrais à la terre et excaver les trous où doivent être plantés arbres et arbustes, lesquels croissent et se développent alors bien mieux que lorsqu'ils sont plantés par la méthode ordinaire.

Il serait trop long et quelque peu monotone de décrire la manière dont chacune de ces opérations doit être effectuée, d'autant plus que les conditions locales régissent, dans chaque cas, le processus à suivre, lequel comporte souvent aussi plusieurs variantes. Je me suis d'ailleurs attaché, dans le choix des photographies et des dessins reproduits dans cet article, à mettre sous les yeux du lecteur quelques-uns des cas où l'emploi d'explosifs est tout indiqué, quand il n'est pas la seule solution.

Ces dessins et photographies montrent, d'ailleurs, dans chaque cas, les grandes lignes de l'opération à effectuer.

Ils nous indiquent, entre autres choses, que les charges destinées à déraciner et fragmenter souches et rocs, doivent être placées au fond de canaux percés au moyen de longues tarières, puis alésés ; ces canaux sont creusés obliquement, soit dans la terre, le long de la couche ou du bloc de pierre, soit au sein même de l'obstacle ; le plus souvent, il est d'ailleurs nécessaire de recourir aux deux méthodes et de percer plusieurs canaux.

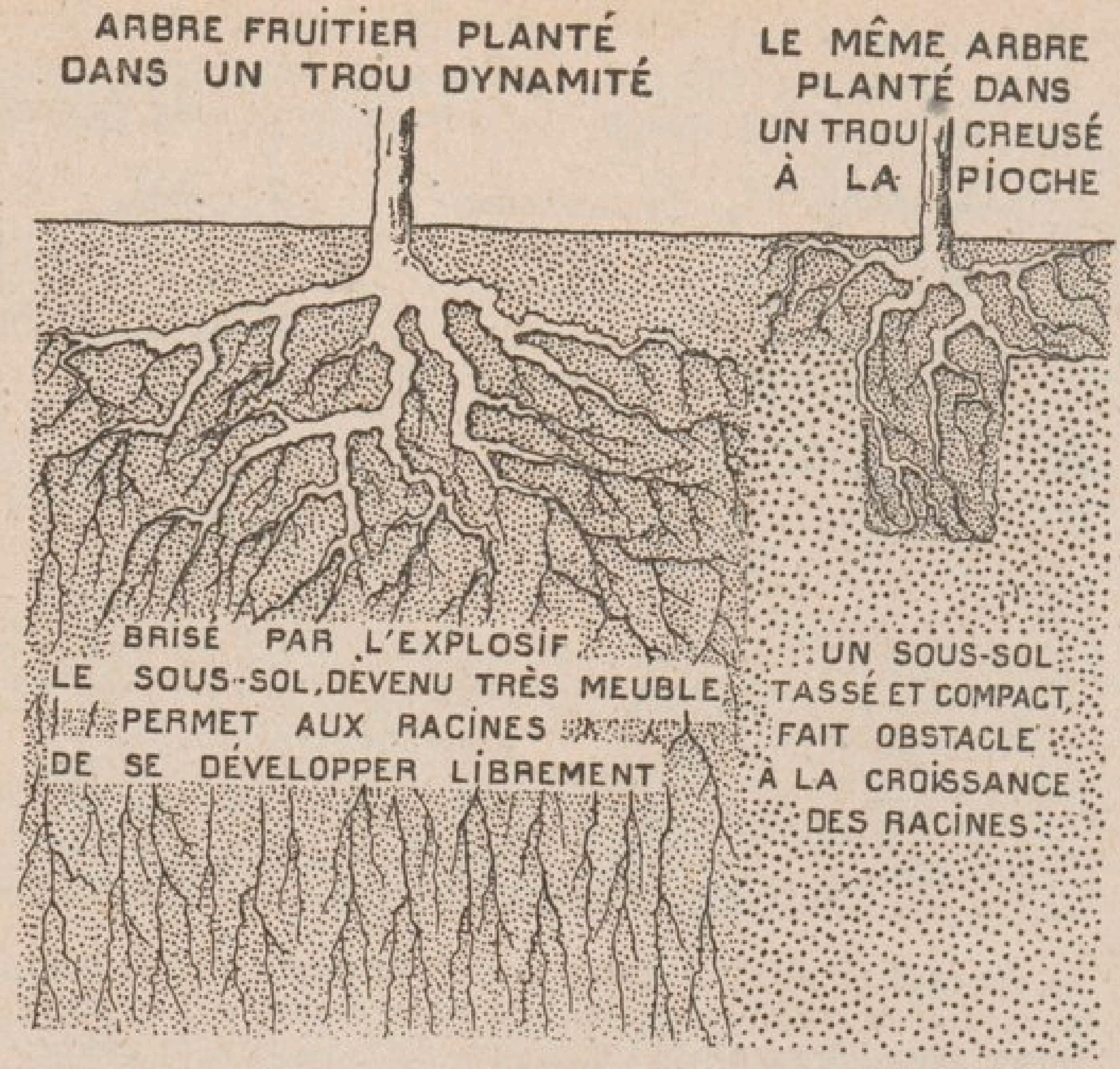


Une partie de la terre de sous-sol sert de premier lit : on lui superpose de la terre de surface dans laquelle l'arbuste est planté, puis on comble avec le restant de la terre de sous-sol.

Lorsque la souche possède une seule grosse racine dirigée verticalement, plusieurs canaux profonds sont creusés le long de la racine ; si la souche possède, au contraire, plusieurs grosses racines rayonnantes, il faut

non seulement percer un canal au travers de chacune d'elles et de telle manière que la charge soit placée au-dessous et en dehors de la racine, mais introduire par surcroît une forte charge d'explosif sous la souche proprement dite.

Dans le cas des rocs, on peut avoir à déterrer avant de fragmenter ; on y parvient au moyen d'une ou plusieurs charges placées le plus près possible de la base du bloc de pierre, au fond de canaux obliques. La fragmentation s'obtient elle-même de deux manières : lorsque la pierre n'est pas trop grosse et présente une crevasse ou un point jugé faible, où l'on serait naturellement amené à attaquer la pierre au marteau si elle était suffisamment petite pour être brisée de cette manière, on applique la charge en cet endroit sous la forme d'un petit pâté (il faut, bien entendu, extraire au préalable la dynamite de sa cartouche) ; on amorce, puis on recouvre le tout d'une calotte épaisse de boue compacte.



COMPARAISON DES RÉSULTATS OBTENUS AVEC LE NOUVEAU ET L'ANCIEN MODES DE PLANTAGE DES ARBUSTES

L'ARBUSTE DE DROITE FUT PLANTÉ EN MÊME TEMPS QUE CELUI DE GAUCHE, MAIS DANS UN TROU DYNAMITÉ ; SA CROISSANCE, COMME ON LE VOIT, EN A ÉTÉ GRANDEMENT ACCÉLÉRÉE

TORTUEUX ET TROP PEU PROFOND, CE RUISSEAU DÉBORDAIT CONSTAMMENT ; LA DYNAMITE EN A APPROFONDI LE LIT, POUR LE PLUS GRAND BIEN DES TERRAINS QU'IL ARROSE

Lorsque la pierre est trop grosse, il devient nécessaire d'y creuser un canal profond, dirigé verticalement et percé le plus près du centre de la roche, à moins qu'une crevasse naturelle n'offre un chemin tout indiqué.

Les charges étant placées au fond des canaux et amorcées, ceux-ci doivent être rebouchés jusqu'à leur orifice en prenant soin de tasser fortement la terre ; cette opération doit, cependant, être exécutée avec les plus grandes précautions ; il faut, non seulement éviter de heurter l'amorce, laquelle est extrêmement sensible au choc (ce sont des amorces au fulminate de mercure), mais aussi de couper les conducteurs électriques ou de les mettre à nu par arrachement de leur isolant, ce qui obligerait à déboucher les canaux dans des conditions que le risque de heurter accidentellement l'amorce rendrait très délicates, et même dangereuses.

Il va de soi que la qualité de la dynamite, qualité signifiant ici force brisante, varie avec la nature du travail à exécuter et que l'agriculteur devra s'approvisionner de trois ou quatre sortes répondant chacune à une catégorie particulière de travail. Maintenant qui lui vendra ces explosifs et qui lui montrera la manière de s'en servir? Aux Etats-Unis, plusieurs grandes fabriques de poudre et d'explosifs ont étudié de près la question, tant au point de vue du défrichement des terres que de ce qu'ils nomment le « labourage vertical », et non seulement elles ont, de leur propre initiative, établi les formules des différentes dynamites agricoles à employer, réparti sur tout le territoire des dépôts de ces dynamites, rédigé des manuels d'instruction pour l'agriculteur, mais elles ont aussi formé des équipes de « Blasters » (littéralement « exploseurs ») qui parcourent le pays à la recherche de travaux à effectuer. Le gouvernement français ne pourrait-il étudier et réaliser quelque chose d'analogue, utilisant pour cela le concours de nos poudreries nationales et de leur personnel technique pour donner à l'agriculteur un outil nouveau, d'une puissance de travail formidable, dont il lui appartiendrait de lui apprendre et de lui faciliter l'emploi ? N'est-il pas, à ce point de vue, tout indiqué de faire appel aux connaissances des sapeurs de nos jeunes classes ? Ils feraient d'excellents instructeurs, abattraient pour commencer le plus gros de la tâche et propageraient les premiers éléments de l'art du « blaster ».

André Crober.

VUE GÉNÉRALE DES FORGES ET ACIÉRIES ÉLECTRIQUES PAUL GIROD, A UGINE (SAVOIE). A DROITE : HALLS DE L'ÉLECTRO-MÉTALLURGIE

L'ACIER ÉLECTRIQUE FABRIQUÉ PAR MILLIERS DE TONNES

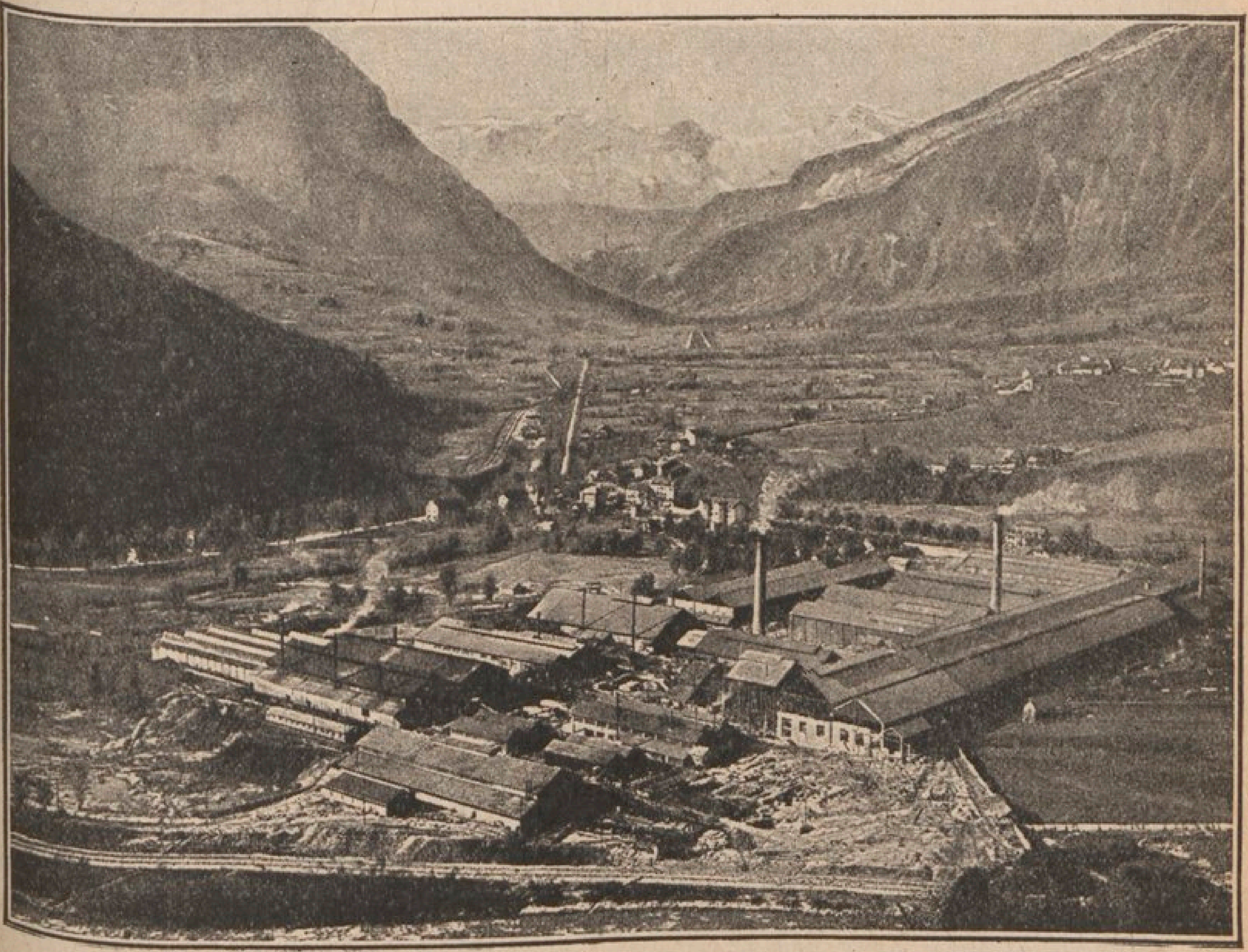
Par F. HONORÉ

Dans notre numéro de Novembre 1915, nous avons exposé les conditions générales de la fabrication électrique de l'acier. Nous plaçant à un point de vue plus spécial, nous montrerons aujourd'hui l'influence de la sidérurgie électrique dans les progrès de notre aviation de guerre et le rôle économique qu'elle semble désormais appelée à exercer dans l'industrie moderne.

Nous ne referons pas l'historique de l'application de l'arc voltaïque à la préparation des métaux. Bornons-nous à rappeler deux dates : en 1879, Siemens construit le premier four électrique ; en 1913, les expériences retentissantes de Moissan initient le grand public aux mystères du nouvel appareil.

Dans une modeste caisse en briques, à peu près grande comme une boîte à biscuits anglais, l'illustre chimiste faisait fondre un morceau de sucre et un bloc de fonte ; il obtenait, au bout d'une demi-heure, des paillettes ou cristaux microscopiques qu'il affirma présenter tous les caractères scientifiques du véritable diamant.

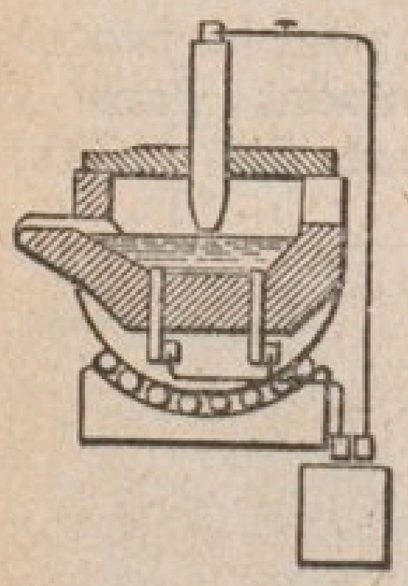
A l'encontre de nombreux savants ou industriels qui prédisaient à ce foyer rudimentaire un avenir très limité, voire un simple avenir de laboratoire, Moissan entrevoyait, sans emballement, mais de façon très nette, le parti à en tirer pour les progrès de la métallurgie, notamment dans le domaine encore peu exploré des métaux



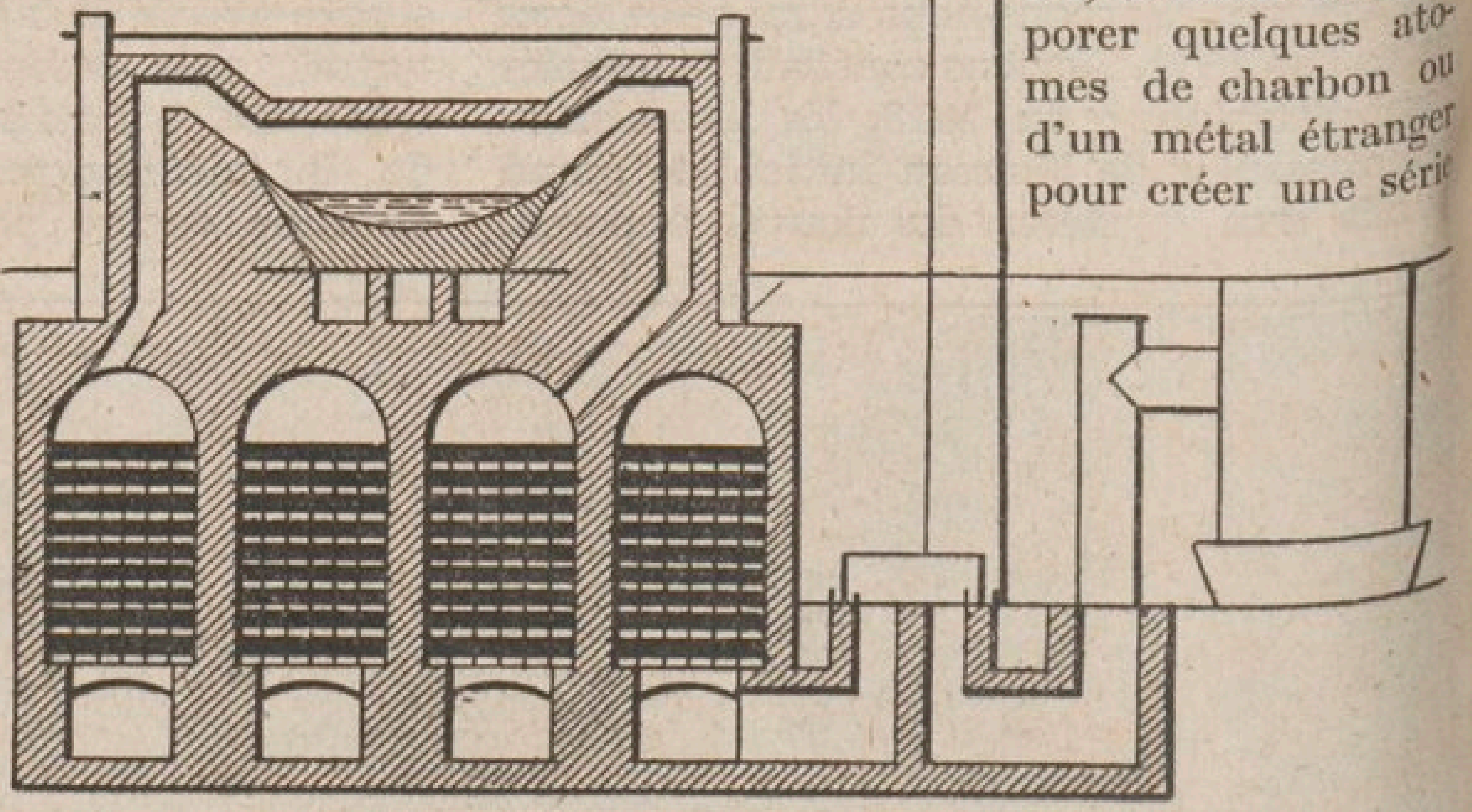
VUE DE LA SECTION DES FORGES ET DES ACIÉRIES ÉLECTRIQUES AUX ÉTABLISSEMENTS PAUL GIROD, A UGINE (SAVOIE)

rares et des alliages. Il était cependant loin de supposer que le four électrique contribuerait dans une large part au développement des deux modes suprêmes de locomotion depuis longtemps rêvés par l'humanité : la locomotion automobile, autour de laquelle pataugeaient nos ingénieurs ; la locomotion aérienne, considérée alors comme un problème n'admettant pas de solution pratique. C'est pourtant ce qui s'est produit. Le frêle avion, avec son léger fuselage et ses plans dessinés en longerons finis comme les moulures d'un meuble de prix, nous donne tout d'abord l'impression d'un beau travail d'ébénisterie ; en réalité, même en laissant de côté l'appareil blindé, on peut dire, sans guère exagérer, que sa puissance prodigieuse est issue du four électrique. On pourrait presque ajouter : tel acier, tel avion.

Dans le sens littéral du mot, en effet, la vie du pilote aérien tient à un fil d'acier, fil tendeur des ailes ou fil de commande, qui doit offrir, sous le moindre poids, une solidité exceptionnelle. D'autre part, le moteur et les accessoires mécaniques demandent, avec une grande légèreté, des qualités spéciales de résistance à l'usure, à la traction, à l'effet des vibrations. Avec un peu plus de marge pour le poids, les pièces d'automobiles exigent des caractéristiques analogues. Or, l'acier classique au carbone, même le plus fin, évolue dans une gamme restreinte de formules et de propriétés correspondantes. Il a fallu les aciers spéciaux, presque tous plus ou moins tributaires du four électrique, pour permettre la mise au point de problèmes mécaniques qui, entre autres industries de guerre, intéressent d'une façon toute particulière l'aviation et l'automobile.



Four électrique Girod.



Four Martin

CES DEUX SCHÉMAS JUXTAPOSÉS FONT RESSORTIR L'ENCOMBREMENT RESPECTIF D'UN FOUR ÉLECTRIQUE PAUL GIROD ET D'UN FOUR MARTIN DE MÊME CAPACITÉ

Même pour l'observateur superficiel, la nature présente d'étranges mystères. Des matières, en apparence très simples, comme le charbon ou le fer, possèdent un tempérament d'une complexité ou d'une sensibilité prodigieuse. Ces deux corps se trouvent l'un vis-à-vis de l'autre, dans un état de dépendance et de symétrie se résumant par un aphorisme qu'il ne faudrait point cependant prendre au pied de la lettre : du charbon on peut extraire tout ; au fer, on peut ajouter tout. La houille nous donne des huiles lourdes ou légères, du phénol, des produits pharmaceutiques, des explosifs, une gamme étincelante de colorants, depuis le bleu d'azur et le jaune soleil jusqu'au rouge fulgurant ; on pourrait en tirer du sucre, et un jour viendra enfin, sans doute, où nous saurons la convertir en diamant. Au fer, il suffit d'incorporer quelques atomes de charbon ou d'un métal étranger pour créer une série étonnante d'aciers absolument distincts.

On connaît le pouvoir colorant de certaines substances ; un verre de fuchsine ou de carmin donne à une tonne d'eau les reflets du vin de Bordeaux. De même, un « verre » de certains métaux révolutionne un quintal d'acier. Cette particularité, de connaissance récente, n'a rien de surprenant quand on se rappelle un phénomène encore plus curieux : si nous faisons passer un courant électrique dans un bloc d'acier porté au rouge, il se produit à l'intérieur du métal une « révolution » telle que ses molécules changent d'orientation, aussi tranquillement, aussi simplement que les molécules de la pâte de guimauve quand on étire cette pâte alternativement de droite à gauche et de gauche à droite. La sensibilité de l'acier, corps

extrêmement dûr, apparaît du même ordre de grandeur que celle d'une femme nerveuse.

***

Les caractéristiques générales des aciers vendus par les usines sont les suivantes :

Ténacité, c'est-à-dire résistance plus ou moins grande à la rupture sous les efforts de traction, de compression, de cisaillement, réalisés par les machines d'essais.

Elasticité, c'est-à-dire faculté de se déformer légèrement sous un effort donné et limité, puis de reprendre ensuite sa forme primitive, l'effort appliqué cessant, sans présenter aucune « déformation permanente ».

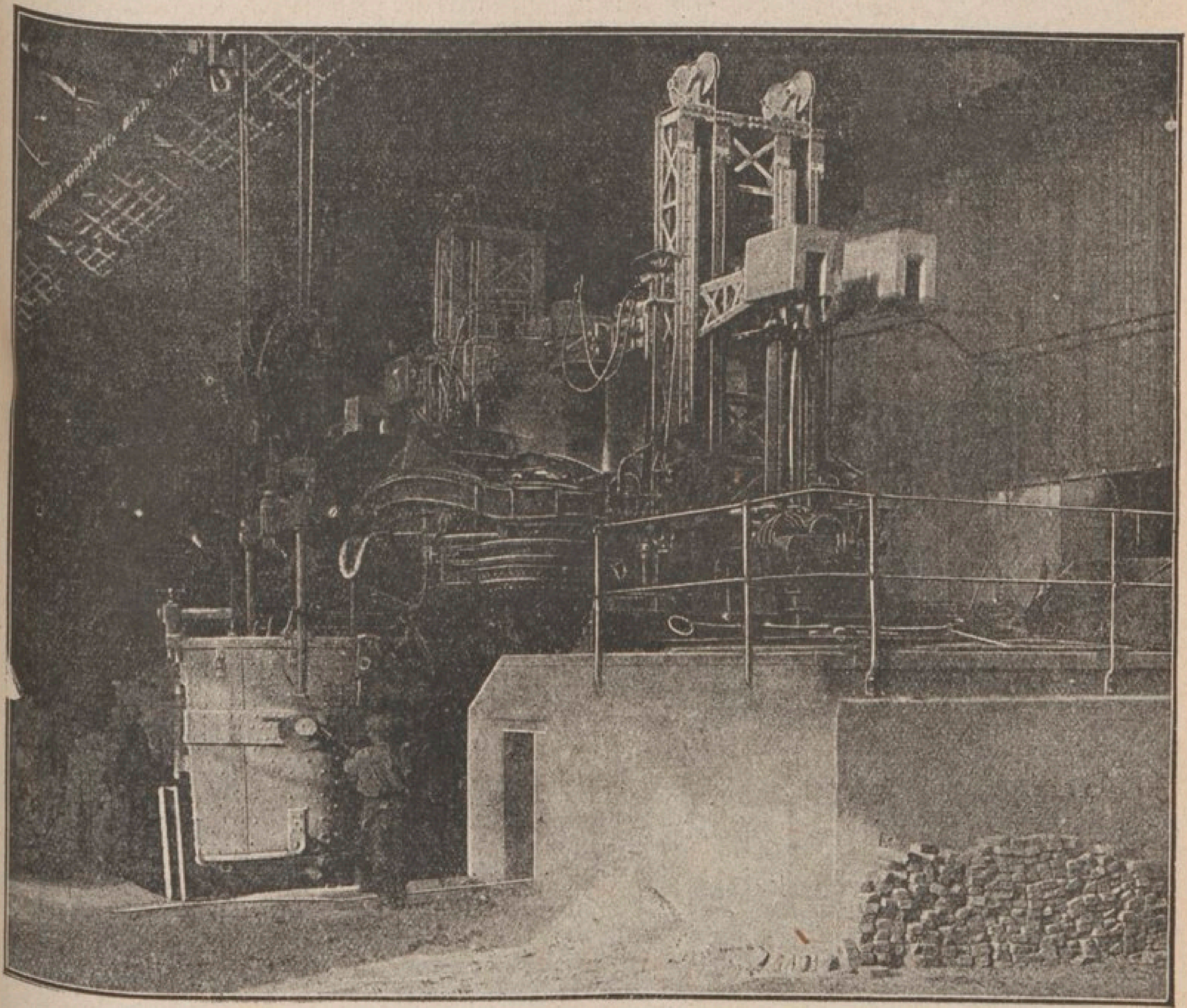
Ductilité, c'est-à-dire faculté de subir une déformation permanente sous un effort déterminé supérieur à celui ne provoquant que des déformations momentanées élastiques et inférieur à celui provoquant la rupture. La ductilité permet le laminage.

Fragilité, qui amène la rupture nette et brusque sous un *choc* plus ou moins grand.

Dureté, qui permet de résister à l'usure.

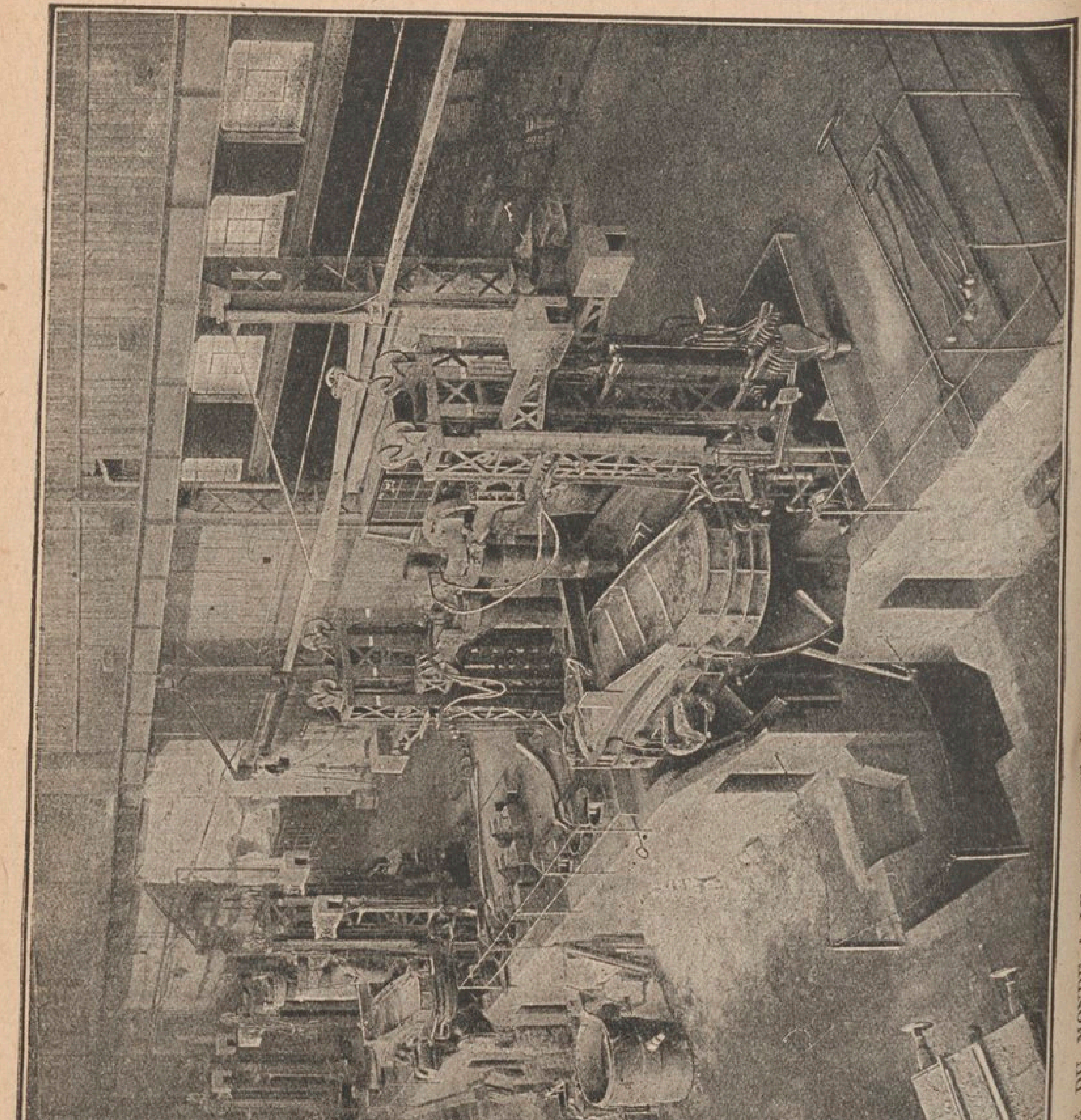
Ces caractéristiques diverses ont une utilité variable avec l'emploi de l'acier ; il faut reconnaître qu'elles sont d'ailleurs plus ou moins exclusives les unes des autres.

Ténacité, élasticité, ductilité, fragilité, dureté, dépendent de la teneur en carbone; de longues années d'expérience ont permis de découvrir la loi des variations et de la dépendance mutuelle de ces diverses caractéristiques du métal. Depuis que l'on a imaginé d'incorporer à l'acier d'autres corps, on a obtenu une gamme d'*aciers spéciaux* fort étendue. On dose aujourd'hui les caractéristiques fondamentales avec une précision pharmaceutique, et l'on combine les *nuances* de métal réclamées par des besoins extrêmement variés, souvent paradoxaux. Par exemple, un acier ordinaire au manganèse, auquel on ajoute 0, 25 % de vanadium, voit sa résistance à la traction s'augmenter de 65 % et sa limite élastique de 68 %, sans



FOUR ÉLECTRIQUE PAUL GIROD, DE 25 TONNES, PRÊT POUR LA COULÉE

Le four va basculer sur son berceau à galets, déversant le métal dans la « poche » placée en avant.



LA PLUS GRANDE ACIÉRIE ÉLECTRIQUE DU MONDE : LE HALL DES FOURS DANS L'USINE PAUL GIROD, A UGINE (SAVOIE)

que sa structure moléculaire et ses propriétés physiques soient aucunement modifiées.

Le tableau de la page 463 où nous avons dû nous borner à quelques cas, donne une idée plus concrète des résultats obtenus.

La *résistance* indique en kilos, par millimètre carré, l'effort de traction nécessaire pour produire la rupture de l'éprouvette.

L'*allongement* exprimé en 0/0 de la longueur primitive de l'éprouvette indique dans quelle proportion cette longueur s'est accrue à la suite de sa rupture par l'effort de traction.

La *striction* exprime la proportion de l'étranglement maximum après rupture par rapport à la section primitive.

La *résilience* exprime en kilogrammètres, par centimètre carré de section, le travail nécessaire pour produire la rupture par choc de l'éprouvette,

***

La fabrication des aciers spéciaux rebuta d'abord la plupart des maîtres de forges ; les moins sceptiques trouvaient prudent de « laisser venir », ce qui, en bon français, veut dire laisser les pionniers aplanir la voie en se cassant les reins. Reconnaissons, à leur décharge, que la préparation de ces produits demandait souvent un matériel nouveau et l'intermédiaire du four électrique; d'autre part, on arrivait à des prix de revient énormes par rapport aux cours pratiqués jusqu'alors. Il y a une dizaine d'années, le prix de vente moyen de la tonne d'acier fin ressortait à environ 200 francs ; celui de l'acier au creuset à 3.000 francs. Or, certains aciers spéciaux pour outillage atteignaient ou même dépassaient 4.000 francs.

Heureusement, à côté des maîtres de forges, on vit surgir une pléiade d'ingénieurs ou d'industriels, les Héroult, les Chapelet, les Keller, les Girod, etc., qui se lancèrent, les uns avec prudence, d'autres avec une belle audace, dans l'électro-métallurgie.

Beaucoup se spécialisèrent plus ou moins dans la production de l'aluminium ; quelques-uns envisagèrent l'avenir de façon moins restreinte. M. Paul Girod fut le plus entreprenant : il conçut l'organisation de vastes aciéries produisant exclusivement, au moyen du four électrique, et par milliers de tonnes, les catégories d'aciers spéciaux ou d'aciers fins nécessaires aux progrès de l'outillage et de la construction modernes, fabriqués jusqu'alors seulement par centaines de kilos. Cette conception s'est réalisée. Avec des fours électriques dérivés de celui où Moissan fondait 10 grammes de sucre, les Etablissements d'Ugine (Savoie), uniques au monde, produisent chaque jour 170 tonnes d'aciers de toutes « nuances », soit environ 60.000 tonnes par an. C'est à peu près le tiers de ce que le Creusot fournissait, avant la guerre, en aciers de diverses catégories.

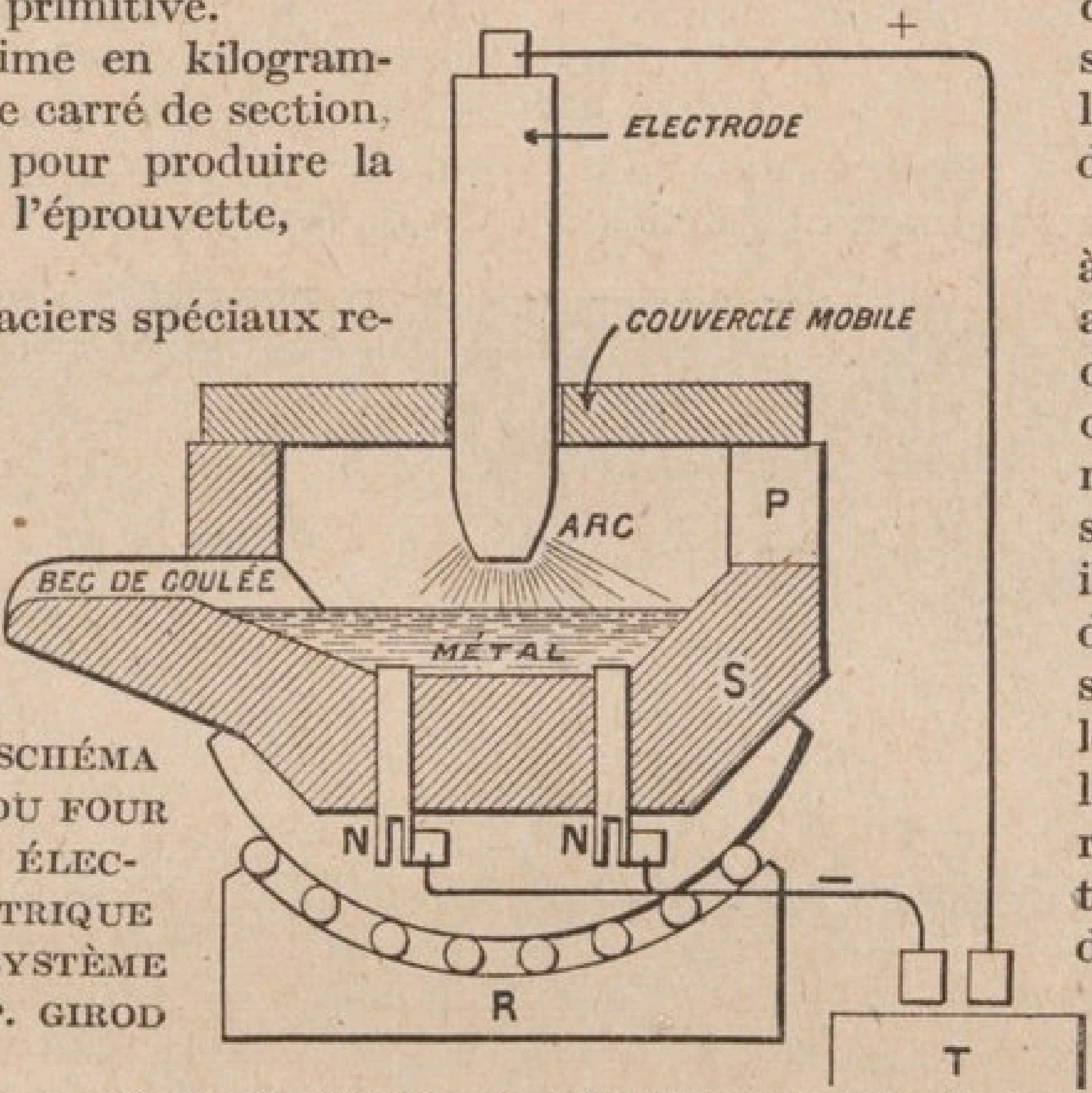


SCHÉMA DU FOUR ÉLECTRIQUE SYSTÈME P. GIROD

P, *porte de chargement ;* S, *sole réfractaire ;* N N, *contacts positifs ;* R, *galets de roulement permettant d'incliner le four au moment de la coulée ;* T, *transformateur de courant. (Pour la clarté, on a exagéré l'intervalle entre l'électrode et le bain de métal.)*

Ce résultat, tout à fait remarquable au point de vue industriel, n'a pas été obtenu à coups de millions pour les besoins de la guerre ; il est la conséquence d'un effort progressif grâce auquel, dès le début des hostilités, la grande aciérie savoisienne se trouvait en mesure de répondre aux exigences variées de la défense nationale. Après avoir été un instant presque seules, à fabriquer les gros projectiles de marine et les minces plaques d'abri, tout en produisant des éléments de gros canons, des roues de tracteurs, des parties d'automobiles, les Usines Girod ont fourni la moitié des aciers spéciaux extra supérieurs réclamés pour l'aviation et pour les véhicules de guerre : bielles de moteur, vilebrequins, roues de tous genres. En ces derniers mois, elles avaient le monopole des tourelles en acier *moulé* spécial pour la construction des tanks légers Renault, etc...

***

La fabrication de ces aciers exceptionnels comporte deux phases bien distinctes.

Il faut d'abord réaliser les *ferro-alliages.* Pour cela, on traite au four électrique un mélange de minerai de fer et d'un autre minerai métallique. On obtient un alliage assez pur tel que ferro-chrome, ferro-nickel,

ferro-tungstène, etc., où la proportion du métal, associé au fer, atteint parfois 90 %. Ce genre d'opération constitue l'*électrométallurgie* proprement dite, qui occupe à Ugine une usine spéciale comprenant vingt fours grand modèle dont les plus puissants absorbent une puissance de 10.000 chevaux.

On prépare ensuite de l'acier au carbone, comme on le ferait avec le four Martin, en ajoutant au bain une proportion déterminée de ferro-alliage. Nous entrons ici dans le domaine de l'*électro-sidérurgie,* nom sous lequel on désigne la métallurgie du fer et de l'acier au moyen du four électrique. Il existe aujourd'hui des types de fours nombreux. Le modèle imaginé par M. Paul Girod — que nous n'avons pas encore eu l'occasion de décrire — affecte la forme d'un vase posé sur un berceau muni de galets qui permet de le faire basculer pour faciliter la coulée. Le couvercle est mobile, et le chargement s'opère par une porte latérale. Une électrode de charbon, suspendue à une potence, traverse le couvercle et vient affleurer la surface du bain ; sa descente, à mesure qu'elle brûle, est réglée automatiquement. La seconde électrode est constituée par le bain lui-même et par la sole. Cette dernière est reliée à l'autre pôle par l'intermédiaire de rondins en acier doux, dont la partie supérieure, en contact avec le bain, fond sur une hauteur de six à sept centimètres. Un courant d'eau froide maintient la partie inférieure au-dessous du point de fusion. L'arc jaillit entre l'électrode de charbon et le bain dont il auréole et échauffe toute la surface, illuminant ainsi l'immense hall.

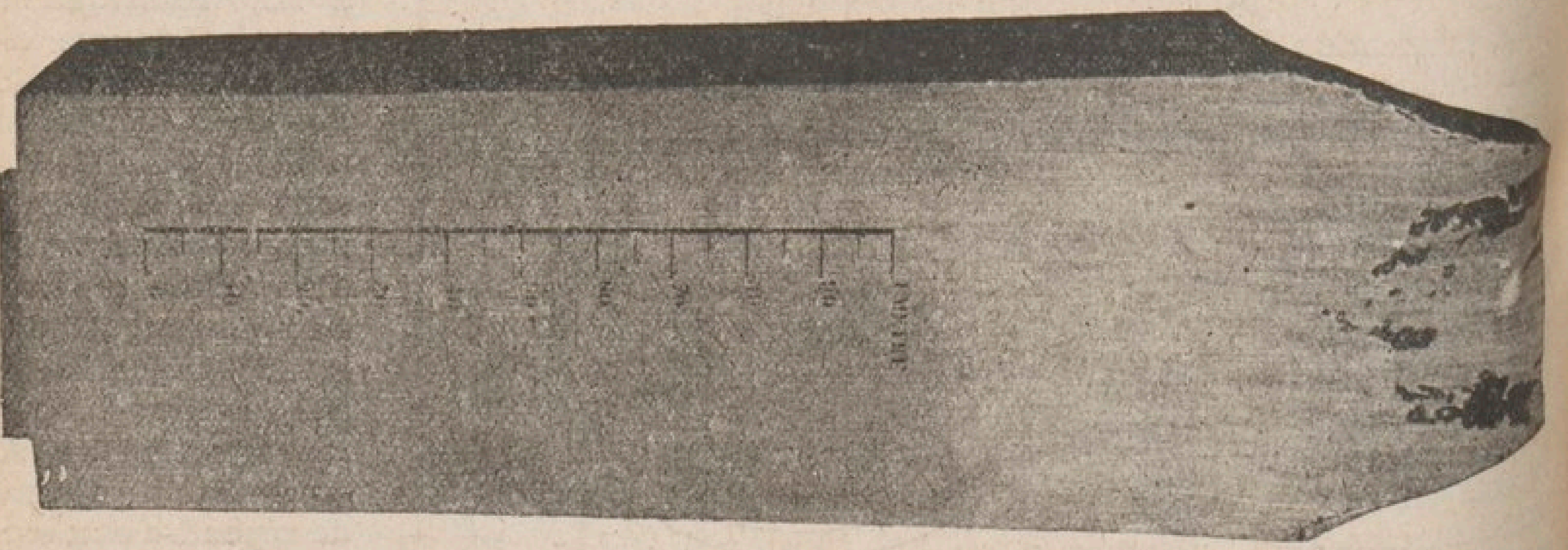
Il serait trop long de commenter ce dispositif fort ingénieux. Je me borne à rappeler de façon générale la supériorité du four électrique par rapport aux fours Martin actuels.

Le four électrique fonctionne sans introduction d'air extérieur ; les réactions ne sont troublées ni par l'action chimique de l'atmosphère, ni par celle des gaz employés comme combustible dans le four Martin et qui, en traversant le bain, tendent à l'échauffer outre mesure ; l'arc voltaïque chauffe surtout la surface calcaire du laitier sans échauffer le bain, ce qui favorise beaucoup l'affinage. Le rendement thermique du four électrique atteint 60 %, alors que celui du four Martin ne dépasse pas 8 ou 10 ; enfin, l'encombrement est beaucoup moindre.

Dans ces conditions, étant donné que la houille blanche coûte peu, l'acier électrique devrait, semble-t-il, revenir sensiblement moins cher que l'acier de même qualité obtenu en brûlant du coke ou du charbon. On oublie que l'usure du four et la consommation en électrodes représentent une grosse dépense. L'électrode, constituée par un cylindre ou par un prisme de charbon très pur comprimé, atteint souvent 1 m. 80 de longueur ; sa section correspond à un carré de 30 à 35 centimètres de côté. Le prix de la tonne, qui était de 300 francs avant la guerre, est monté progressivement à 1.250 francs. On compte une consommation de 15 kilos par tonne d'acier produite, soit environ 500 francs pour une coulée de 25 tonnes.

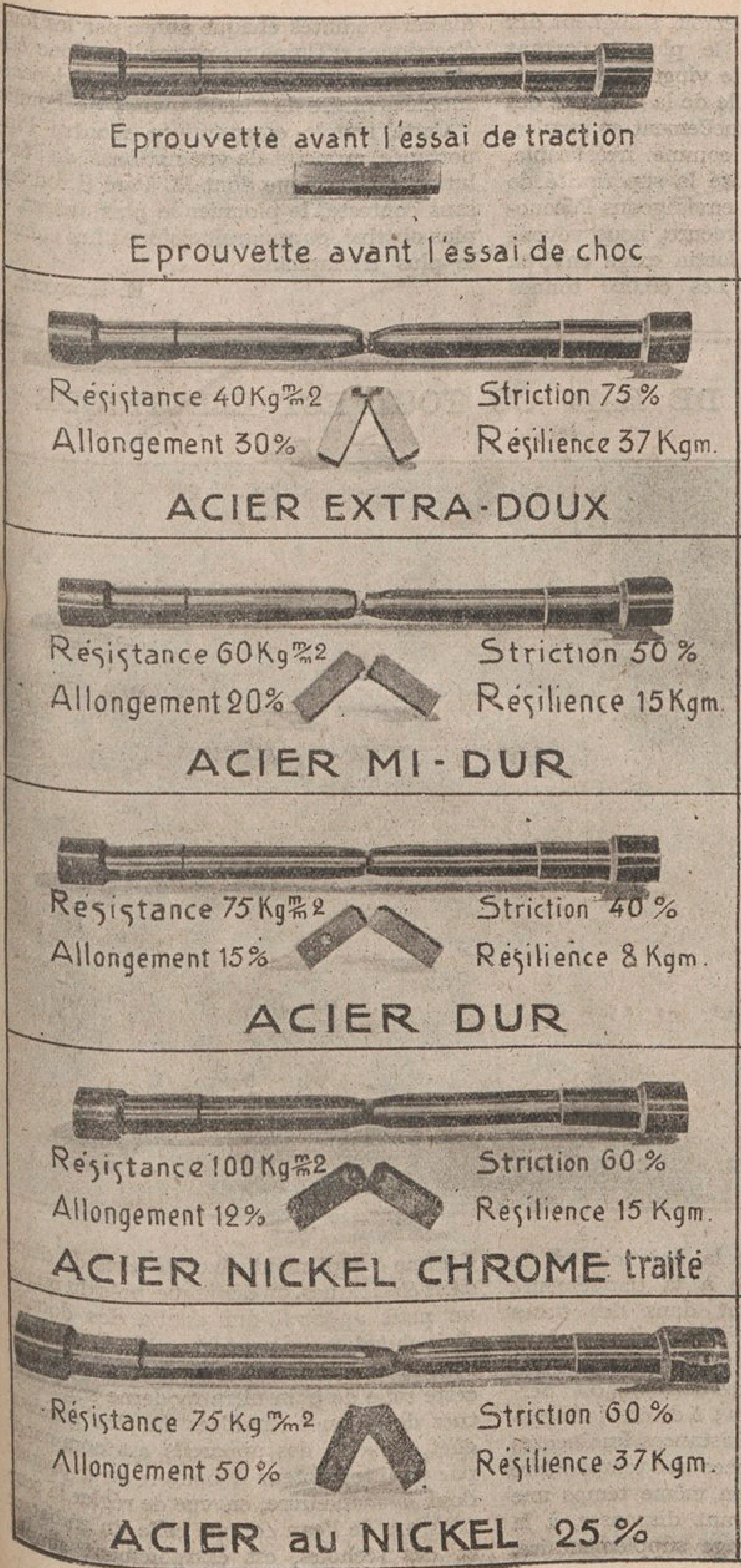
Quoi qu'il en soit, avec le courant électrique à bon marché, le four électrique n'arrive pas seulement à concurrencer l'acier au creuset, acier extra supérieur produit par petits lingots de 100 kilos, dont les maîtres de forges ne parlaient jadis qu'avec respect ; il peut encore produire les aciers mi-fins au même prix que les fours Martin.

La démonstration est particulièrement frappante dans ces vastes aciéries d'Ugine, alimentées uniquement par l'eau des Alpes,



LINGOT (SECTIONNÉ) D'ACIER ÉLECTRIQUE PAUL GIROD, PESANT 9 TONNES

Le métal apparaît d'une homogénéité remarquable, et les défauts inévitables de la partie supérieure, ou masselotte, sont réduits au minimum. D'ailleurs, on découpe cette masselotte, qui est ainsi éliminée.



ASPECT MICROGRAPHIQUE DES DIFFÉRENTES QUALITÉS D'ACIER AYANT FOURNI LES ÉPROUVETTES PLACÉES EN REGARD, A GAUCHE

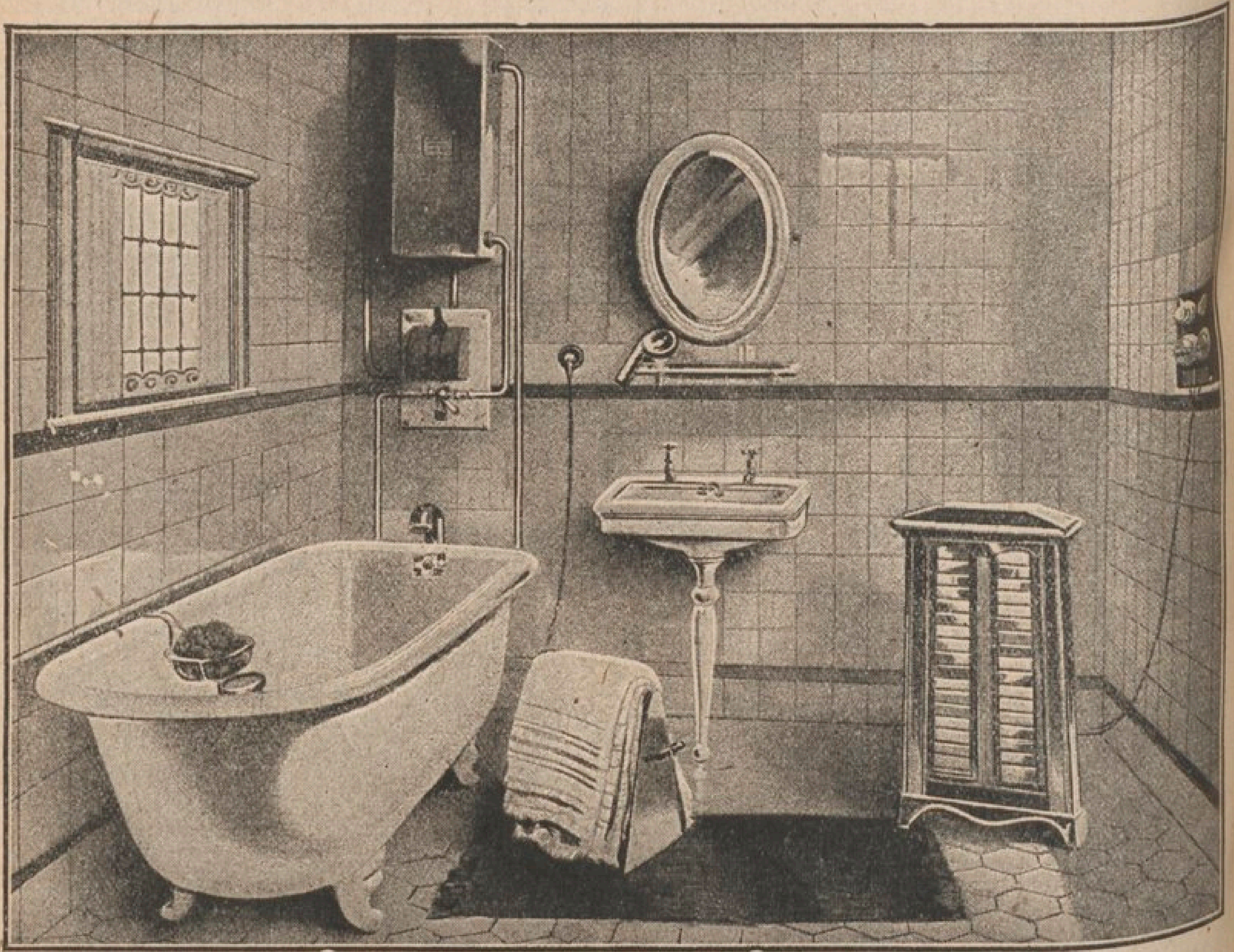
où, dans un hall plutôt étroit, s'alignent dix fours électriques dont le plus important présente une capacité de vingt-cinq tonnes, sensiblement égale à celle de la majorité des grands fours Martin actuellement en service, et considérée naguère comme irréalisable.

Or, si, laissant de côté la supériorité de l'acier électrique, nous envisageons l'économie de charbon qu'il procure, nous voyons qu'une tonne d'acier Martin exige environ 350 kilos de houille. Les 60.000 tonnes d'acier produites chaque année par les fours électriques d'Ugine ne pourraient donc être obtenues au four Martin qu'avec une dépense supplémentaire de 21.000 tonnes de houille.

Cette simple comparaison montre l'importance, au point de vue national, de l'évolution sidérurgique dont M. Paul Girod fut, sans conteste, le pionnier le plus ardent, le plus obstiné, et apparaît aujourd'hui comme le plus triomphant.

F. HONORÉ.

UNE SALLE DE BAIN OU TOUT EST ÉLECTRIQUE



L'EAU qui alimente la baignoire et le lavabo est portée à la température voulue en passant dans des tubes entourés par des colliers chauffants, dans le chauffe-bain que l'on voit au-dessus de la baignoire. A côté de cette dernière, on aperçoit un chauffe-serviettes ; à droite de la gravure, un radiateur à résistances lumineuses qui maintient dans la pièce une température convenable et répand en même temps une lumière rougeâtre pouvant dispenser, à la rigueur, de tout éclairage supplémentaire. Comme complément de cette série de dispositifs électriques, on distingue, près du miroir, un petit appareil qui donne des douches d'air chaud et qui peut être utilisé également comme sèche-cheveux. Toutes les parois de cette salle de bain ultra moderne sont revêtues de plaques émaillées du plus gracieux effet. Chacun des appareils est commandé par un interrupteur à bouton ou à poignée dont la manœuvre, en vue de régler la température de l'eau comme celle du radiateur et des séchoirs, est extrêmement simple.

LES ÉTAPES SUCCESSIVES DE L'ARME VICTORIEUSE : LE TANK

Par Victor GRANIER

Le jour où nos chars d'assaut ont enfoncé les lignes ennemies, un cri unanime, confirmé par l'ordre du jour du 30 juillet 1918 du général Pétain, est venu saluer cette arme nouvelle ; on a vu et admiré partout les derniers tanks victorieux, sans songer au labeur infatigable des chercheurs qui, pendant quatre ans, ont examiné la question sous toutes ses faces. L'homme qui a le plus grand mérite n'est pas toujours celui qui, profitant des essais et tâtonnements de ses prédécesseurs, a récolté toutes les palmes ; c'est souvent, au contraire, celui qui, ayant eu la première idée, l'a mise à exécution, l'a poursuivie sans arrêt, a lutté sans répit contre toutes les mauvaises volontés adverses et est arrivé à l'imposer.

Lorsqu'en 1914, la guerre de mouvement cessa, le fil de fer barbelé parut l'obstacle le plus terrible contre lequel il fallait autre chose que le canon ; l'idée du char d'assaut était en germe, et, dès décembre 1914, M. J.-L. Breton, député du Cher, proposa au ministre de la Guerre un engin automobile blindé destiné à traverser et à détruire les réseaux. Un mois après, il expérimentait le dispositif pour couper les fils et destiné à être placé à l'avant du char prévu (fig. 1). En janvier 1915, un premier appareil utilisé ne parut pas assez puissant ; il fallait, dans l'esprit de l'inventeur, y adjoindre un caterpillar américain qu'il ne put se procurer, et pourtant, dès le mois d'avril, on vit un premier engin couper et franchir les réseaux de fils de fer (fig. 2). On remarque, à l'arrière du char, une cisaille très originale qui coupait

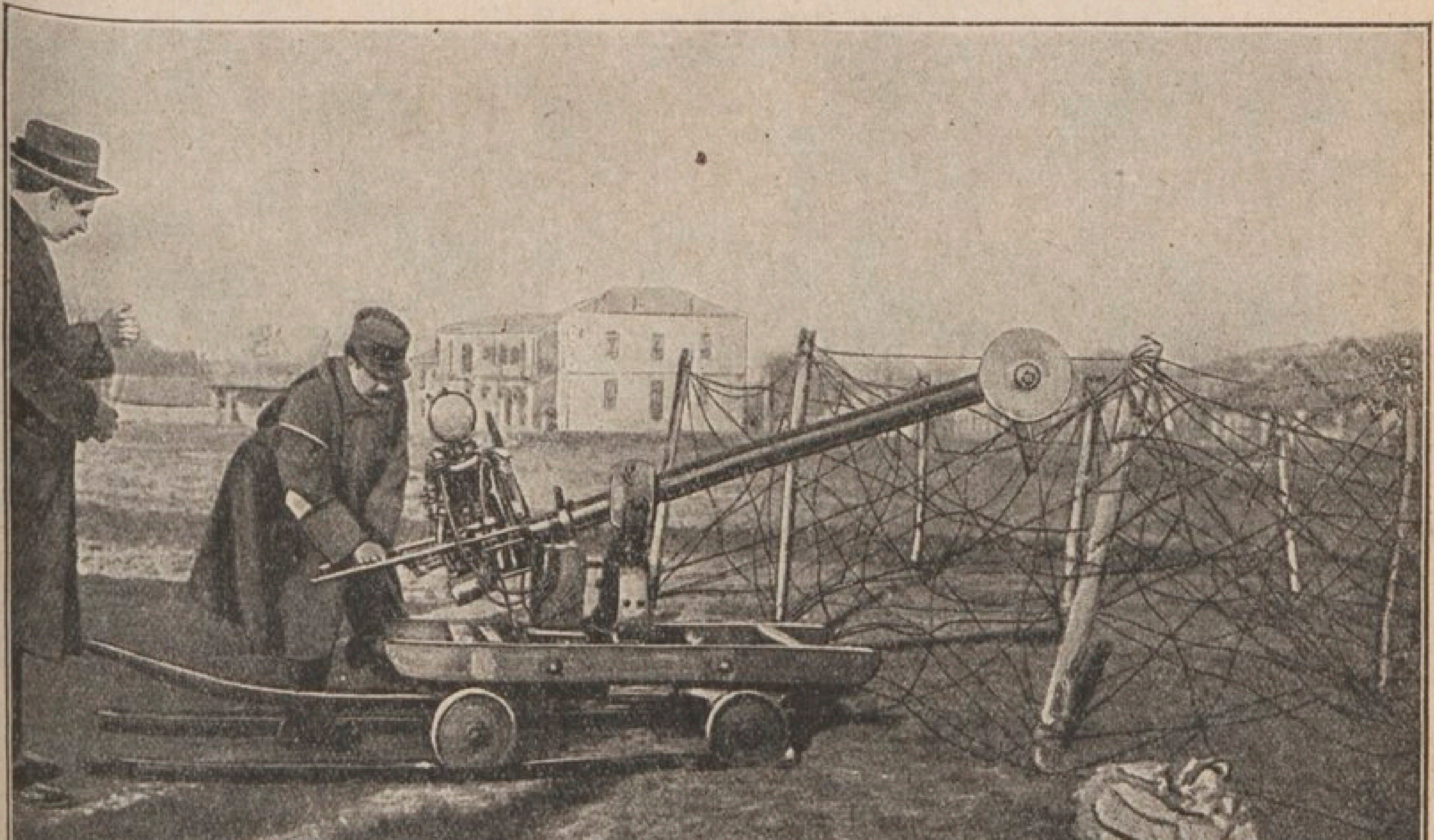


FIG. 1. — PREMIER APPAREIL D'EXPÉRIENCES DE M. J.-L. BRETON, DÉPUTÉ DU CHER, POUR LA DESTRUCTION DES FILS DE FER BARBELÉS (DÉCEMBRE 1914)

FIG. 2. — SECOND APPAREIL DE M. J.-L. BRETON POUR COUPER LES FILS BARBELÉS
Cette machine opérait en marche arrière à l'aide d'un dispositif spécial de cisailles très puissantes.

FIG. 3. — L'APPAREIL RÉALISÉ PAR M. BOIRAULT EN FÉVRIER 1915
Cet engin, aussi original qu'ingénieux, mais d'une utilisation assez difficile, anéantissait les réseaux de fils barbelés en les écrasant et franchissait des tranchées de deux mètres de largeur

les fils en marche arrière. Cette cisaille possède des encoches qui s'ouvrent et se ferment successivement, mais non simultanément, ce qui diminue la résistance et permet de sectionner des fils de quatre à cinq millimètres. Les roues d'un tracteur Bajac furent mises à la disposition du constructeur, M. Pretot, et M. Breton put se passer provisoirement d'un caterpillar. Ces essais furent assez concluants, puisque le ministre de la Guerre commanda quelques-uns de ces engins.

M. Boirault préconisa, en décembre 1914, puis présenta, en février 1915, un appareil aussi bizarre qu'ingénieux (fig. 3). Il comprenait un bâti triangulaire se mouvant au moyen de roues dentées, au milieu d'un cadre hexagonal formé de rails articulés ; cet engin écrasait très bien les fils de fer et franchissait des tranchées de deux mètres ; il fut pourtant délaissé, car il était difficile à conduire, à armer et surtout à protéger.

MM. Turmel, Frot et Lafly proposèrent, en avril 1915, l'utilisation sur notre front de « rouleaux compresseurs » n'ayant aucune analogie avec le *rouleau compresseur* de nos alliés de l'Est ! La figure 4 nous montre l'engin en cours d'expériences ; il traversait assez bien les réseaux, mais patinait sur place dans les terrains variés ou détrempés.

La Section technique du génie proposa un appareil, constitué à l'aide d'un tracteur agricole Filtz (fig. 5), mais le fonctionnement ne fut pas jugé assez satisfaisant par les experts pour qu'on poursuivît cette idée.

Comme curiosité, nous pouvons parler de la torpille électrique Gabet et Aubriot (fig. 6), qui déroulait sur le sol un fil électrique conducteur et allait porter dans les réseaux barbelés cent à deux cents kilos d'explosifs.

Delaunay-Belleville, au début de 1916, présenta un dispositif pouvant s'appliquer aux véhicules à roues (fig. 7). Nous y voyons une gouttière placée sur la tranchée et permettant aux roues de s'y guider ; une fois la tranchée franchie, cette gouttière pouvait revenir de nouveau se placer en avant du véhicule en coulissant le long d'un rail. Ces deux derniers dispositifs ne répondirent pas au problème poursuivi et restèrent sans suite. On dut chercher autre chose.

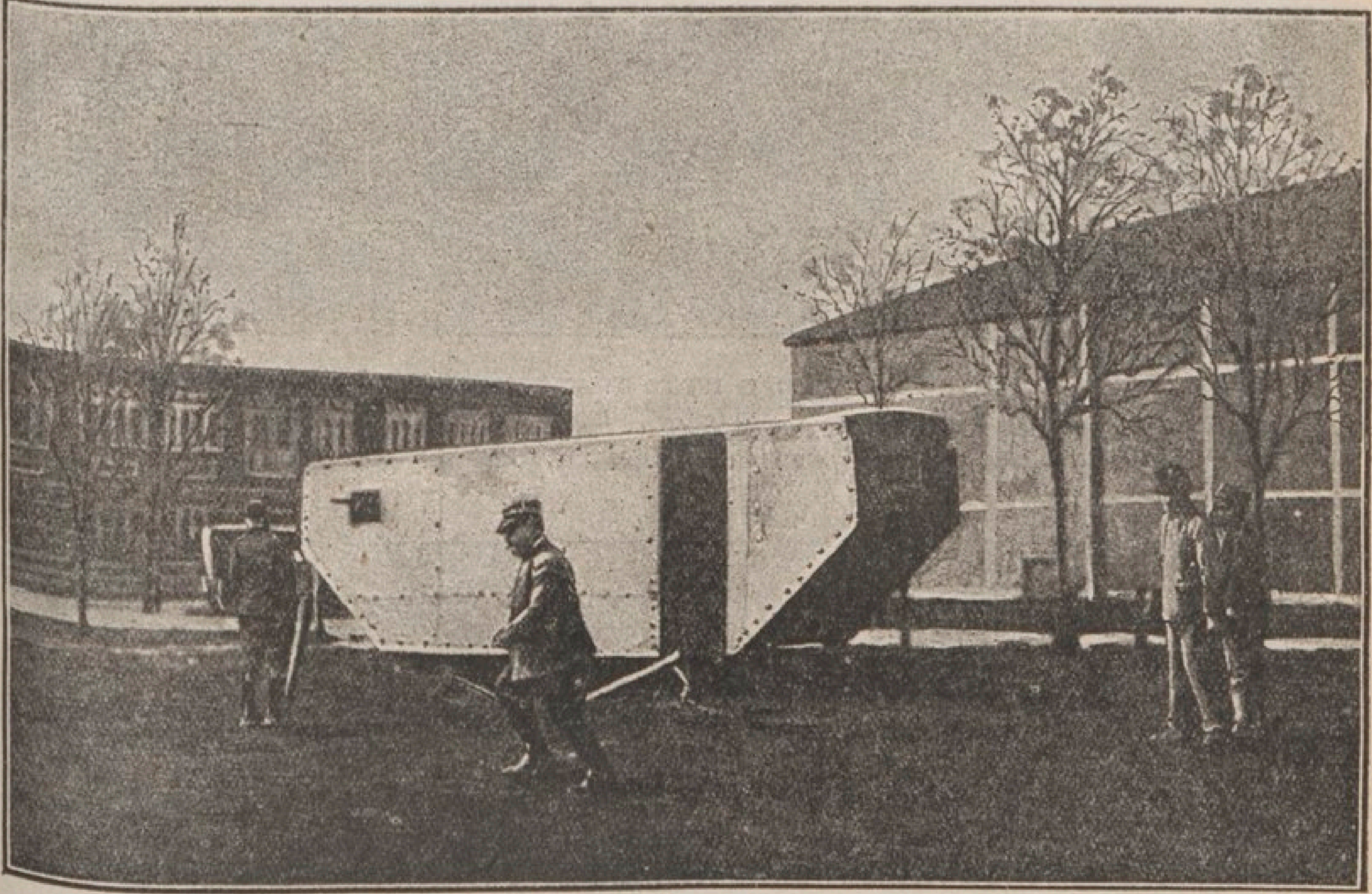


FIG. 4. — L'ENGIN PRÉSENTÉ PAP MM. TURMEL, FROT ET LAFLY EN 1915

M. J.-L. Breton passa en revue tous les tracteurs américains, mais aucun ne convenait exactement à ce qu'il désirait ; au cours de ses travaux, il apprit que les Etablissements Schneider étudiaient un tracteur à chenille pour l'artillerie, système Holt modifié. Aussitôt, il engagea les constructeurs à poursuivre activement cette mise au point et à l'appliquer au char Breton. Dès le mois de décembre 1915, un de ces

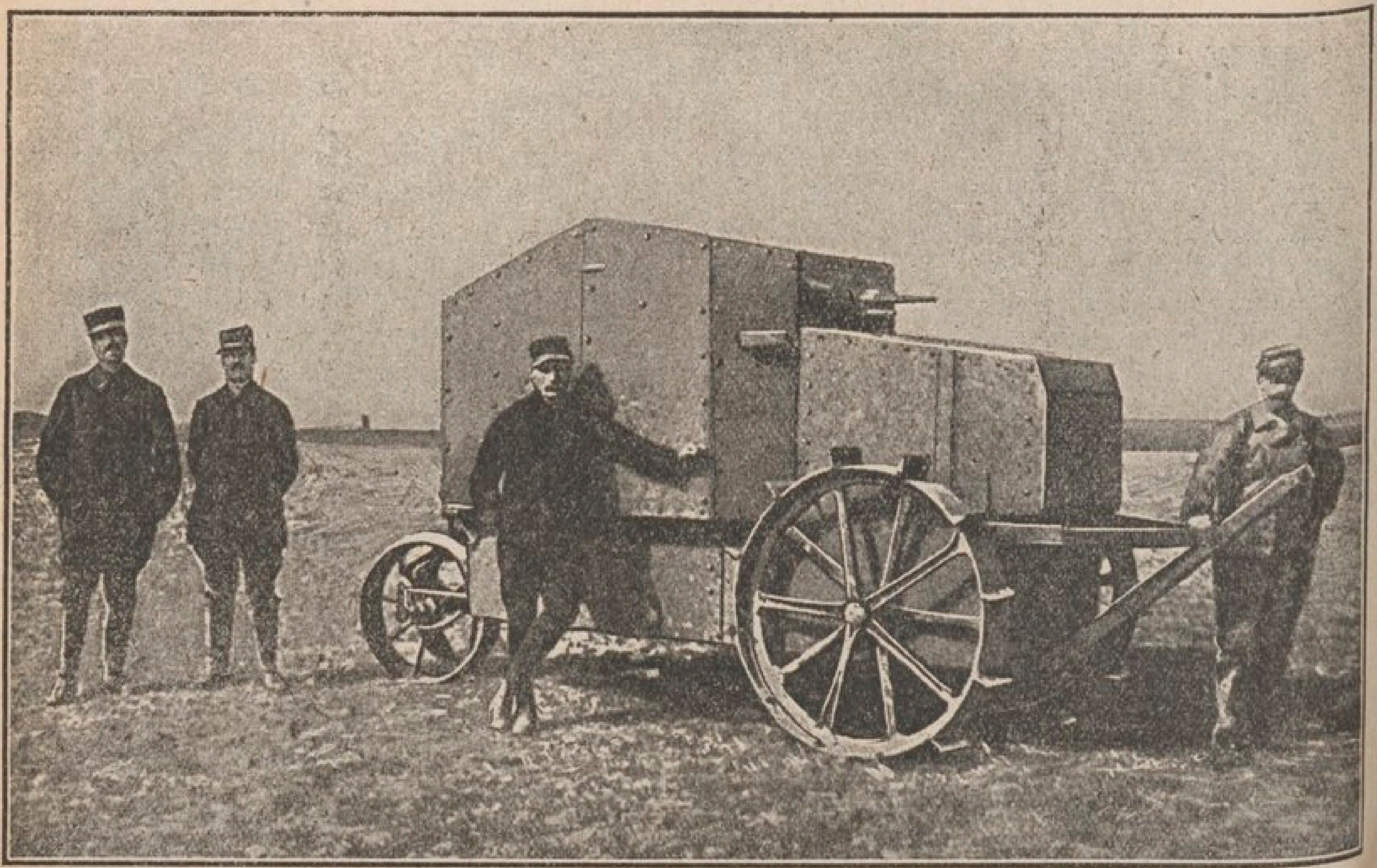


FIG. 5. — TRACTEUR AGRICOLE FILTZ TRANSFORMÉ EN ENGIN BLINDÉ

Cet appareil fut proposé, en juillet 1915, par la Section technique du génie, mais il ne donna pas, aux expériences, les résultats qu'on en attendait, et l'idée dut être abandonnée.

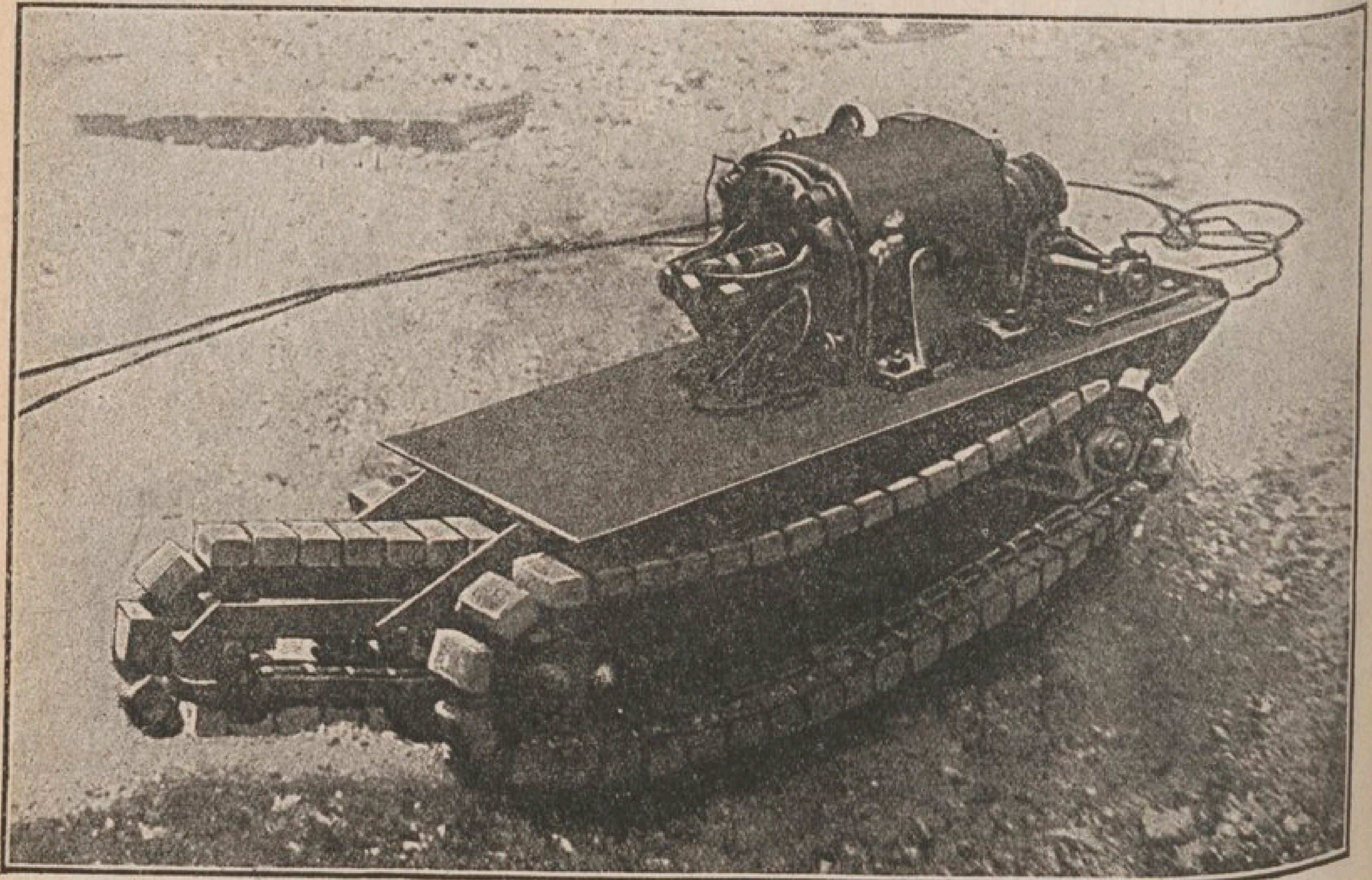


FIG. 6. — LA TORPILLE ÉLECTRIQUE IMAGINÉE PAR MM. GABET ET AUBRIOT

Actionné par un moteur recevant le courant par un fil qui se déroulait au fur et à mesure de l'avance de l'appareil, celui-ci était susceptible de porter dans les réseaux de fils de fer de 100 à 200 kilos d'explosifs. Il cheminait sur trois « chenilles » munies de sabots, dont une de queue.

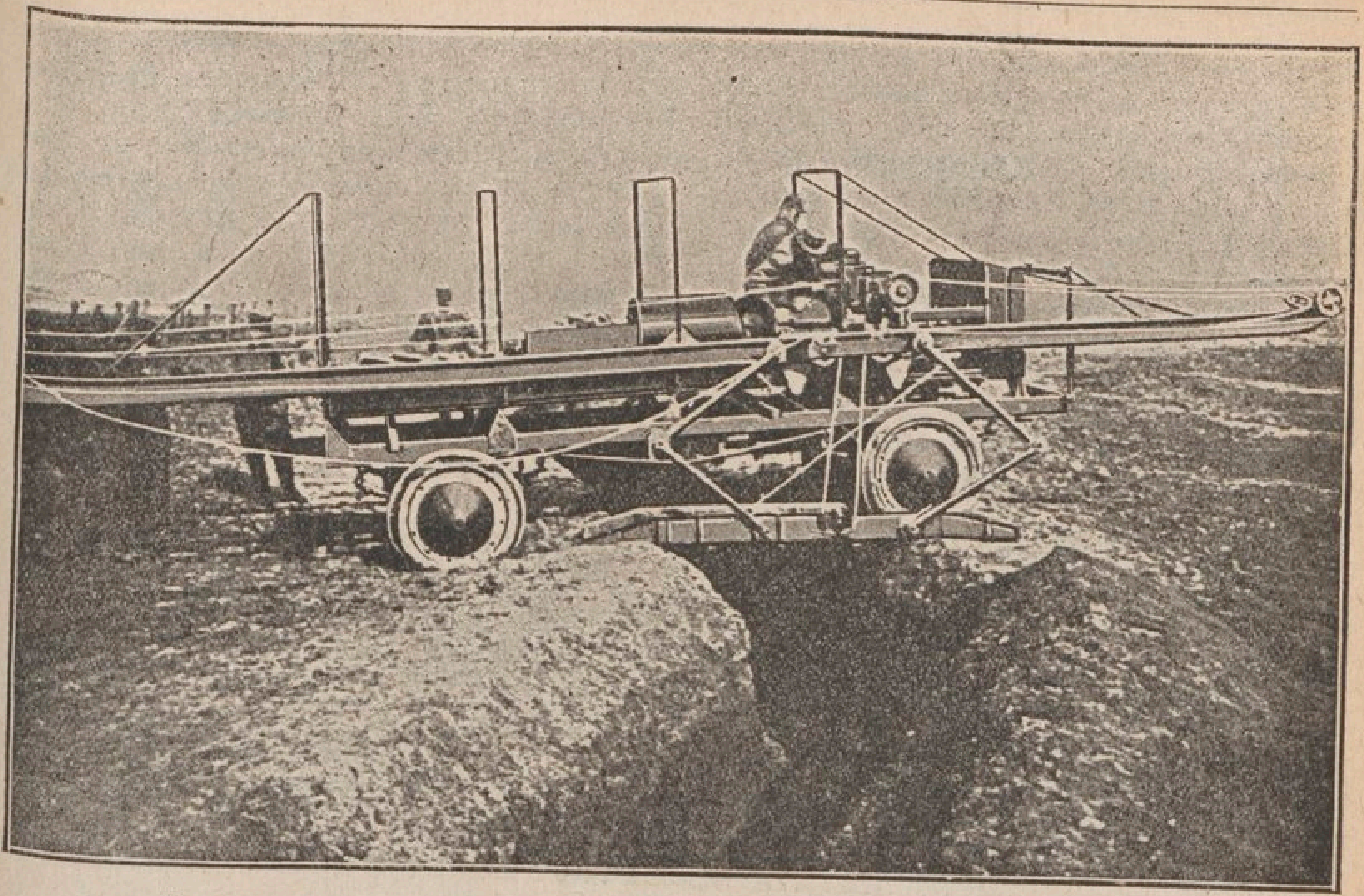


FIG. 7. — MACHINE DELAUNAY-BELLEVILLE POUR LE PASSAGE DES TRANCHÉES
Le véhicule est muni de sortes de gouttières mobiles faisant office de passerelles ; quand la tranchée est franchie, les gouttières reviennent à l'avant en coulissant le long d'un rail.

FIG. 8. — ESSAI DU NOUVEAU CHAR BRETON, A SOUAIN (DÉCEMBRE 1915)
L'engin est muni d'un train de roues à chenilles (caterpillar) du système Holt modifié. La photographie le représente franchissant un talus à pente extrêmement raide au cours d'une expérience officielle faite à Souain (Marne), devant une commission d'essais.

tracteurs fut essayé (fig. 8) ; les résultats furent si intéressants que le ministre de la Guerre n'hésita pas à passer une commande.

Toutes les expériences faites démontrèrent peu à peu que la cisaille n'était pas indispensable et que l'écrasement des réseaux était généralement suffisant pour le passage des combattants. Comme les premiers caterpillars n'étaient pas assez longs, il fallut les modifier et, en mars 1916, des tranchées de deux mètres pouvaient être franchies (fig. 9). La dimension exacte, l'encombrement, le poids, l'armement, le blindage, tout cela demanda encore quelques tâtonnements, et, pendant ce temps, M. Breton dut faire des expériences nombreuses et des démarches persuasives. En décembre 1915, le colonel Estienne, devenu depuis général et commandant en chef de l'artillerie d'assaut, fut tellement enthousiasmé par les résultats obtenus qu'il préconisa la construction en série de ces appareils ; non sans quelques hésitations, le Grand Quartier Général finit par donner son adhésion, et, vers février 1916, M. Albert Thomas, alors sous-secrétaire d'État de l'Artillerie, porta à plusieurs centaines la commande des chars d'assaut fabriqués par le Creusot. Ces derniers établissements étant surchargés de travail et ne pouvant fabriquer le nombre d'engins nécessaires à une attaque en masse, M. J.-L. Breton préconisa le caterpillar de Saint-Chamond et une commande fut passée à cette deuxième maison.

Les résultats obtenus avec les engins anglais, qui parurent sur le front fin 1916, et les nôtres en avril 1917, nous indiquèrent les modifications à faire subir à nos chars d'assaut, tant au point de vue de la construction que du mode d'emploi. M. Breton, en juste récompense de ses travaux persévérants, entrait dans le gouvernement comme sous-secrétaire d'Etat des Inventions.

FIG. 9. — TRACTEUR HOLT ALLONGÉ TRAVERSANT UNE TRANCHÉE DE DEUX MÈTRES

Les chars d'assaut construits par le Creusot et Saint-Chamond, puis par la maison Renault, chars que nous avons décrits dans le nº 41 de *La Science et la Vie*, eurent les plus grands succès de juillet à novembre 1918 ; si la guerre se fût prolongée quelques mois encore, des merveilles nouvelles étaient sur le point d'apparaître, car M. J.-L. Breton poussait sans arrêt son entourage ; le blindage, le maniement, l'armement, les projectiles, le moteur, la chenille, tout a bénéficié des observations quotidiennes, des essais incessants et de l'énergie de celui qui eut la première idée des engins qui ont conduit nos soldats à la victoire.

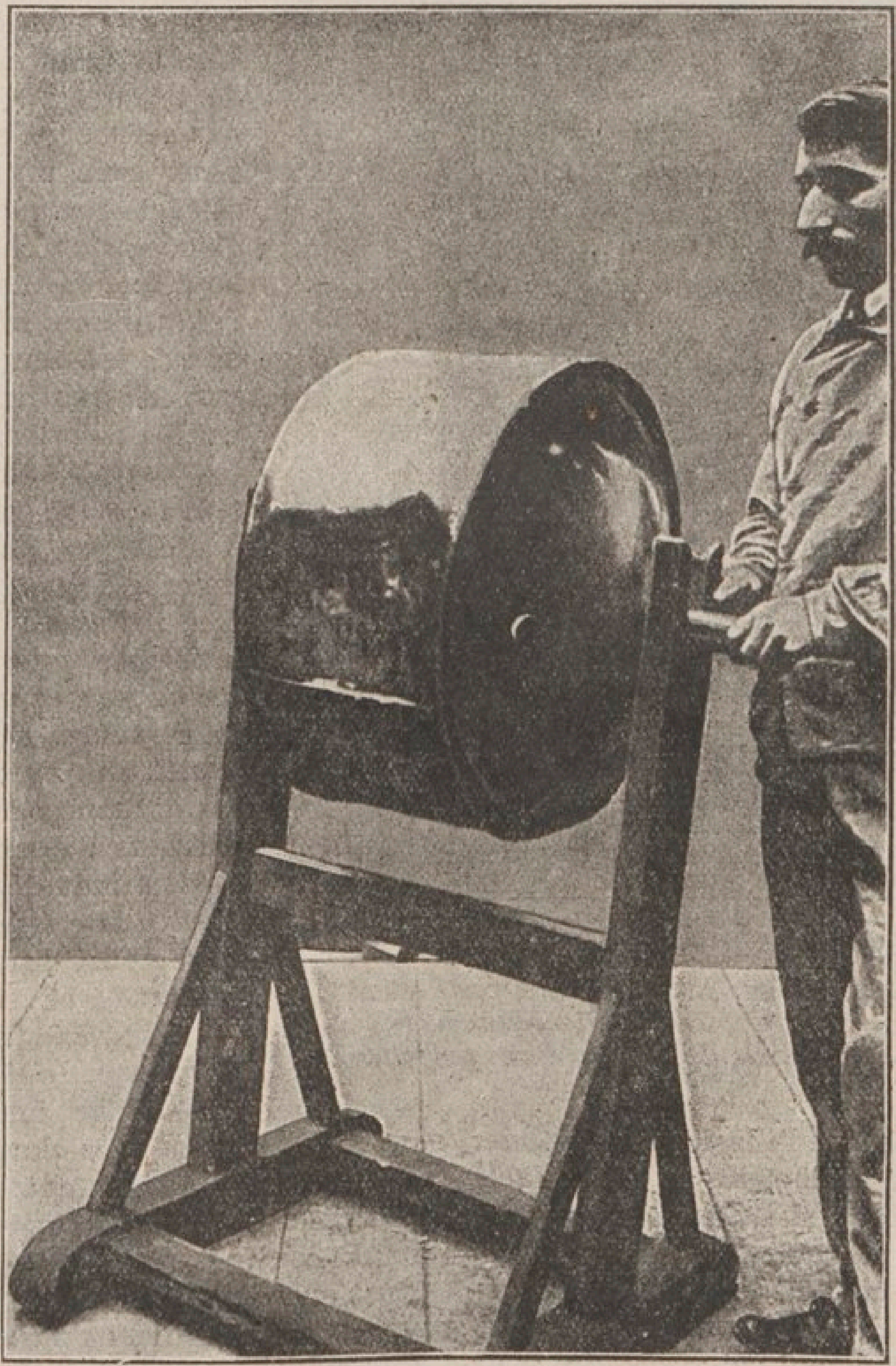
VICTOR GRANIER.

L'ILLUSION AU THÉATRE

Par Marcel JUBIN

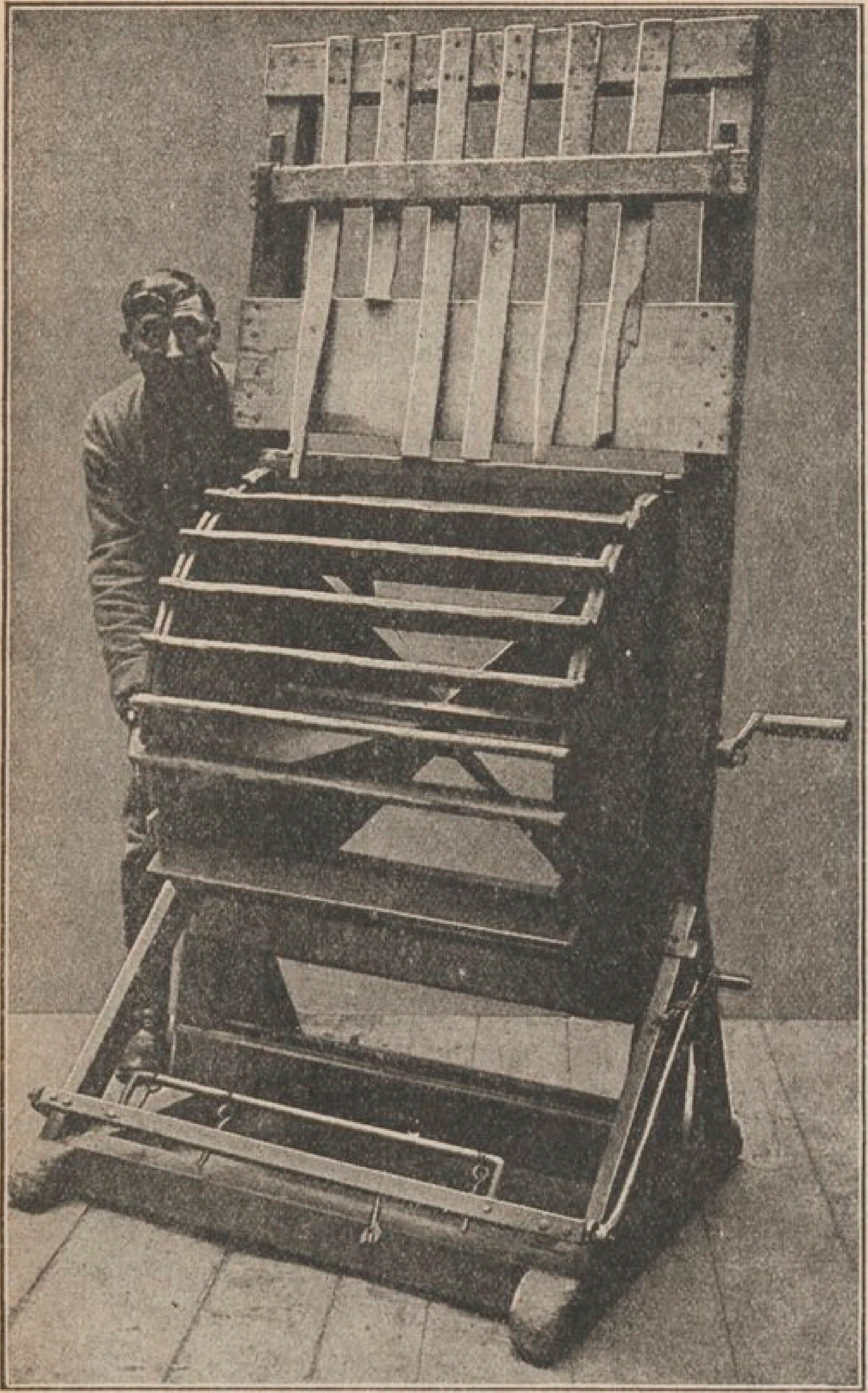
Depuis longtemps, les douces et naïves illusions de la féerie n'ont plus cours au théâtre. La pièce à grand spectacle, à somptueuse mise en scène, à défilés fastueux, a remplacé les fées, les magiciens, les enchanteurs, les lutins et les gnomes. Cependant, l'illusion n'a pas été, pour cela, bannie des tréteaux. Ne faut-il pas, en effet, même en serrant d'aussi près que possible la réalité, et surtout pour atteindre ce but, situer les scènes à jouer dans le décor qui leur est propre, y grouper tous les éléments de la vie, leur donner la lumière de l'heure à laquelle l'événement se passe, faire entendre les bruits de la nature qui accompagnent le texte que les acteurs réciteront : le flot qui vient mourir sur la grève, si l'action se déroule au bord de la mer ; la pluie, le vent, le tonnerre, l'éclair, si l'orage gronde, pendant que le drame se déroule à l'avant-scène. Tous ces bruits, tous ces incidents, qui toujours jouent leur rôle dans la pièce, il faut pourtant les imiter, faire croire à leur réalité.

Le talent du décorateur, l'imagination du machiniste, ont fait du théâtre le véritable domaine de l'Illusion. La pluie s'imite à l'aide d'une grande boîte en fer-blanc qui a environ deux mètres de longueur, sur trente centimètres de côté. Cette boîte porte en son milieu deux axes autour desquels elle peut tourner ; à l'intérieur, elle est munie de chicanes de diverses grandeurs. On y introduit une certaine quantité de petit gravier ou de pois cassés qui, lorsque la boîte est suspendue perpendiculairement sur ses axes, se trouvent naturellement dans la partie inférieure. Quand le moment est venu de faire entendre la pluie qui bat en rafales sur les vitres, on fait faire un demi-tour complet à l'appareil ; le gravier tombe alors dans la boîte, rencontre les chicanes, est renvoyé de l'une à l'autre, et finit par arriver à l'extrémité opposée. Le bruit de ce gravier ricochant ainsi sur les parois de la longue caisse de fer-blanc



IMITATION DU BRUIT DE LA MER

Dans ce cylindre, qu'on tourne avec une manivelle, on a introduit des grains de plomb. Le bruit de ce plomb sur la tôle de l'appareil donne l'impression de la vague qui se brise sur la plage.



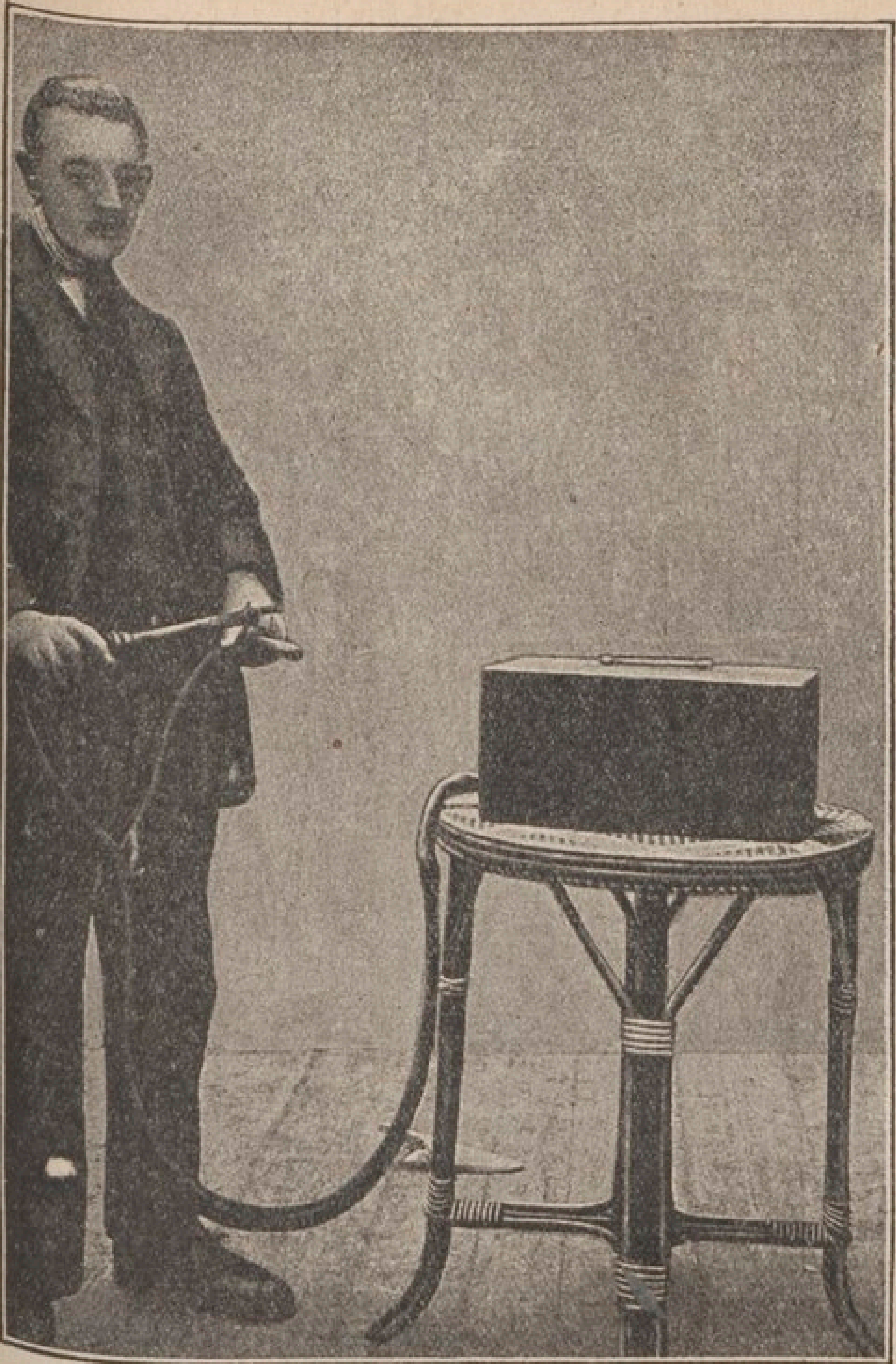
POUR LE FRACAS D'UN OBJET QUI SE BRISE

Un arbre qui tombe frappé par la foudre, une porte qu'on enfonce, produisent un bruit que l'appareil ci-dessus, qui n'est autre qu'une crécelle de grande dimension, imite parfaitement

donne à s'y méprendre l'illusion de la pluie.

On n'imite pas seulement le bruit de la pluie, on en imite aussi l'aspect. Pour cela, sur deux perches ou rouleaux de bois placés parallèlement, on enroule en spirales rapprochées des bandes d'étoffe lamée d'argent. Il suffit d'agiter légèrement cet accessoire pour produire un scintillement des parcelles d'argent réparties sur l'étoffe, scintillement qui donne l'illusion de l'eau qui tombe en gouttes serrées. Mais on peut faire encore mieux, et, comme dans la pièce de Courteline, le *Train de* 8 *h.* 47, qui se jouait dernièrement à l'Ambigu, on fait couler d'un tube percé de myriades de trous de l'eau véritable qui rebondit sur le sol, recouvert pour la circonstance d'une toile caoutchoutée. Aussi stoïques que consciencieux, les acteurs Brasseur et Cazalès, simplement protégés par leur shako et leur pèlerine, recevaient sans broncher l'averse d'eau que l'on pouvait voir ruisseler sur leurs larges épaules.

Mais revenons à la fausse pluie pour expliquer comment on imite le vent, le vent qui souffle en rafales dans la campagne, qui siffle à travers les branches des sapins, fait grincer les girouettes et hurle dans la cheminée. Cette impression de bourrasque, de temps à ne pas mettre un chien dehors, s'obtient avec un bout d'étoffe de soie et quelques lattes de bois, disposées de champ sur un tambour que le machiniste tourne à l'aide d'une manivelle ; l'étoffe de soie est tendue sur ces lattes qui, en tournant, viennent s'y frotter ; le bruit produit par ce frottement reproduit assez exactement celui du vent. Et comme il n'est pas de tempête qui ne comporte quelques coups de tonnerre, d'abord sourds, lointains, prolongés, puis éclatant avec un fracas sec et violent, presque en même temps que l'éclair illumine le ciel, on a recours, pour produire ces différents effets, aux appareils suivants : deux lourds galets de bois, munis de gros clous ou de petites traverses sont roulés sur le plancher de la scène ; les chocs successifs et répétés de toutes ces aspérités donnent l'illusion de l'orage qui gronde au lointain. Pour imiter les éclairs, le machiniste tient dans chaque main une tige de bronze, isolée bien entendu, dans laquelle passe un fort courant électrique ; en rapprochant ces tiges l'une de l'autre et en les amenant au contact, il obtient des étincelles très vives qui illuminent la scène pendant la durée d'un éclair ; mais c'est là un accessoire dangereux et qui demande à être manié avec prudence. Quant au fracas du tonnerre qui éclate à deux pas de vous, de la foudre qui tombe en même temps que l'éclair se produit, c'est avec un appareil en tous points semblable à une jalousie qu'on l'obtient ; une série de plaquettes de chêne sont reliées parallèlement les unes aux autres par des fils ; ces

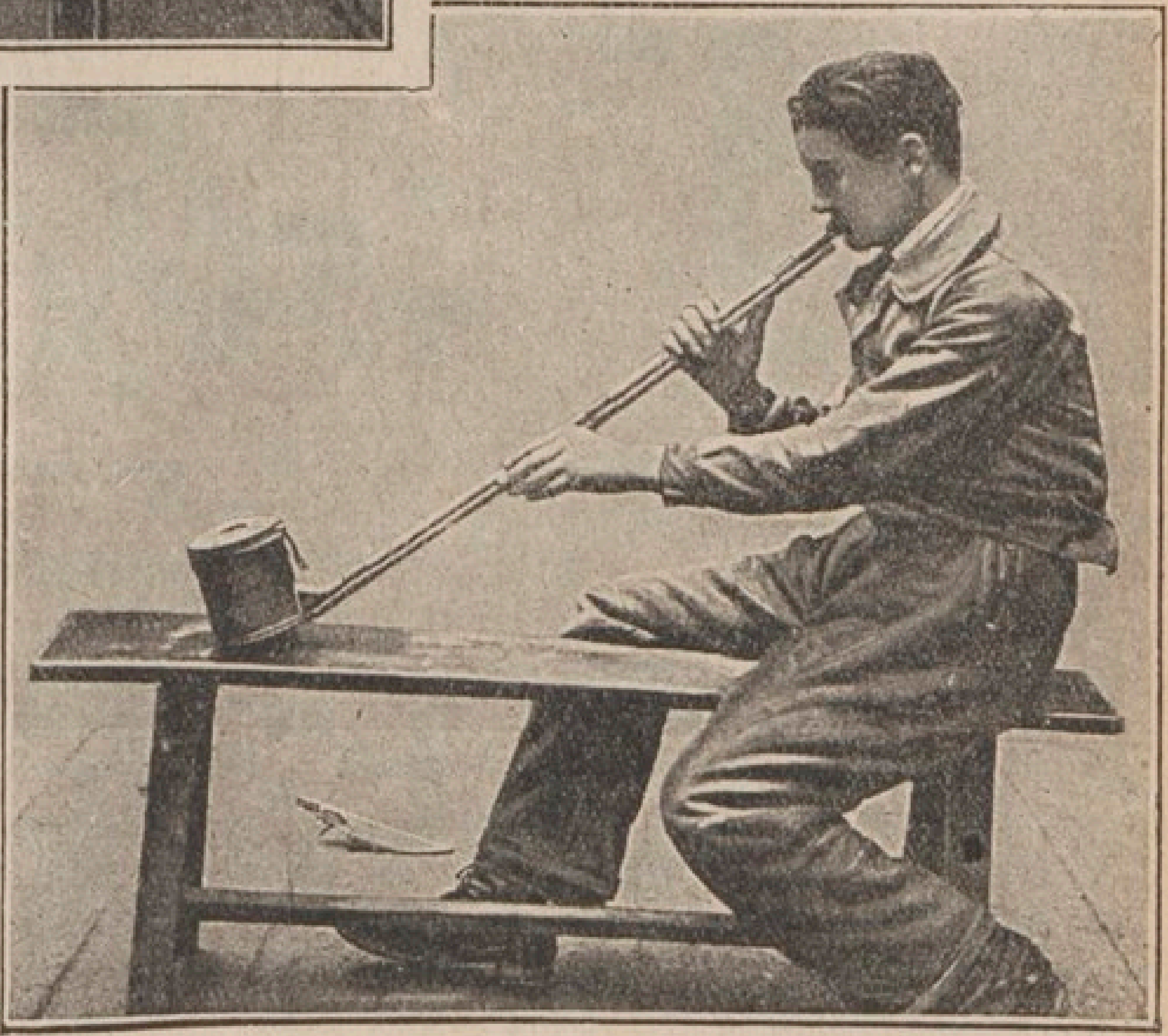


L'ÉCLAIR FULGURANT QUI PERCE LES NUÉES

Un commutateur électrique et deux tiges de bronze que l'on rapproche l'une de l'autre produisent d'aveuglantes étincelles illuminant la scène.

trouvait insuffisants les moyens employés jusque-là pour rendre les bruits du tonnerre. Un jour, passant près des chantiers du palais du Louvre, alors en réparation, il aperçut des maçons qui déchargeaient des plâtras par les fenêtres d'un étage supérieur en les faisant rouler dans une conduite en charpente. Le bruit sourd et saccadé produit par la chute de ces plâtras lui inspira une idée qu'il fit mettre à exécution sur la scène même de l'Opéra-Comique. On construisit une sorte de cheminée en épaisses planches de sapin ; des traverses obliques furent disposées à l'intérieur ; une trappe fermait l'orifice supérieur de ce conduit. Une charge de moellons, cailloux et morceaux de fonte était placée sur la trappe qui basculait à un moment donné ; les blocs pesants s'engouffraient dans la cheminée, rebondissant sur les obstacles, frappant les parois et retombant sur le plancher en produisant un fracas assourdissant.

Quel que soit, d'ailleurs, le bruit à reproduire, le machiniste ingénieux trouve toujours le moyen de le faire. La vague, dont l'ourlet



LA PIPE A POUDRE DE LYCOPODE

Pour produire les lueurs qui accompagnent toute apparition fantastique, on souffle dans la pipe, et la poudre de lycopode, au contact de la lampe à alcool qui brûle à l'intérieur, s'échappe en nuages enflammés, de couleurs variées.

fils sont hissés jusqu'au cintre, d'où on les lâche brusquement au moment voulu. Toutes les planchettes retombent alors de très haut les unes sur les autres, produisant comme un grand fracas qui imite si bien le bruit de la foudre que tout être un peu craintif en est impressionné.

Ces divers accessoires peuvent néanmoins ne pas suffire quand tous les éléments sont déchaînés. On a recours alors au truc imaginé, dit-on, par Meyerbeer. On raconte, en effet, que celui-ci, pendant les répétitions du *Pardon de Ploermel*, à l'Opéra-Comique,

argenté vient s'étaler en mourant sur la plage, c'est avec un appareil construit sur le même principe que celui de la pluie qu'on en imite le bruit. Un cylindre en fer-blanc, muni à l'intérieur de traverses de différentes grandeurs, reçoit une certaine quantité de grains de plomb. En faisant tourner ce cylindre autour de son axe, on déplace la charge de plomb qui coule ainsi d'une traverse sur l'autre; le bruit qui en résulte est semblable aux murmures que l'on entend sur une plage par un jour calme. La mer est elle plus agitée, les vagues déferlent-elles et roulent-elles en grandes volutes qui viennent se briser en écumant, on emploie un cylindre plus gros dans lequel on roule une charge plus grande de grains et de billes de plomb, et le tour est joué.

On a même montré, sur la scène, les embruns produits par les vagues qui se brisent contre les rochers. Dans l'*Etranger*, de Vincent d'Indy, à l'Opéra, un des actes se déroulait dans un petit port basque dont le parapet du quai formait le fond du décor. Derrière ce parapet praticable, des machinistes se tenaient dissimulés, et, au moment où le bruit de la vague déferlant devait se faire entendre, ils lançaient en l'air des pelletées de boulettes faites de feuilles d'aluminium froissées. La lumière se jouant sur cet aluminium aux mille facettes donnait l'illusion parfaite de la poussière d'eau de mer.

Un bruit de grelots, des claquements de fouet, deux paires de roues qu'on promène sur le plancher de la scène, et c'est la chaise de poste qui arrive. Quant au bruit des pas des chevaux qui la traînent, on l'imite dans la perfection en frappant contre un mur des coups cadencés avec des noix de coco coupées en deux. C'est ainsi que cela se pratiquait au théâtre des Arts, dans *le Grand Soir*, et l'on aurait juré que c'était réellement vrai.

Mais la chaise de poste est vieux jeu ; c'est l'avion qui joue un rôle aujourd'hui, et, pour imiter le ronflement du moteur, on emploie un accessoire composé de deux plateaux circulaires parallèles dont l'un peut tourner sur son axe ; celui-ci est percé, près du bord extérieur, de petits trous servant d'orifice à des tubes. Pendant qu'un machiniste fait tourner le plateau à l'aide d'une manivelle, un second machiniste dirige devant les trous qui passent un jet d'air comprimé. Cet air s'élance, à chaque trou, dans le tube correspondant et vient frapper sur le plateau opposé. Il s'ensuit une série de bruits, interrompus par le passage d'un trou à un autre, qui ressemblent au bruit de l'échappement du moteur. Plus les trous se succèdent rapidement, plus le moteur paraît tourner vite.

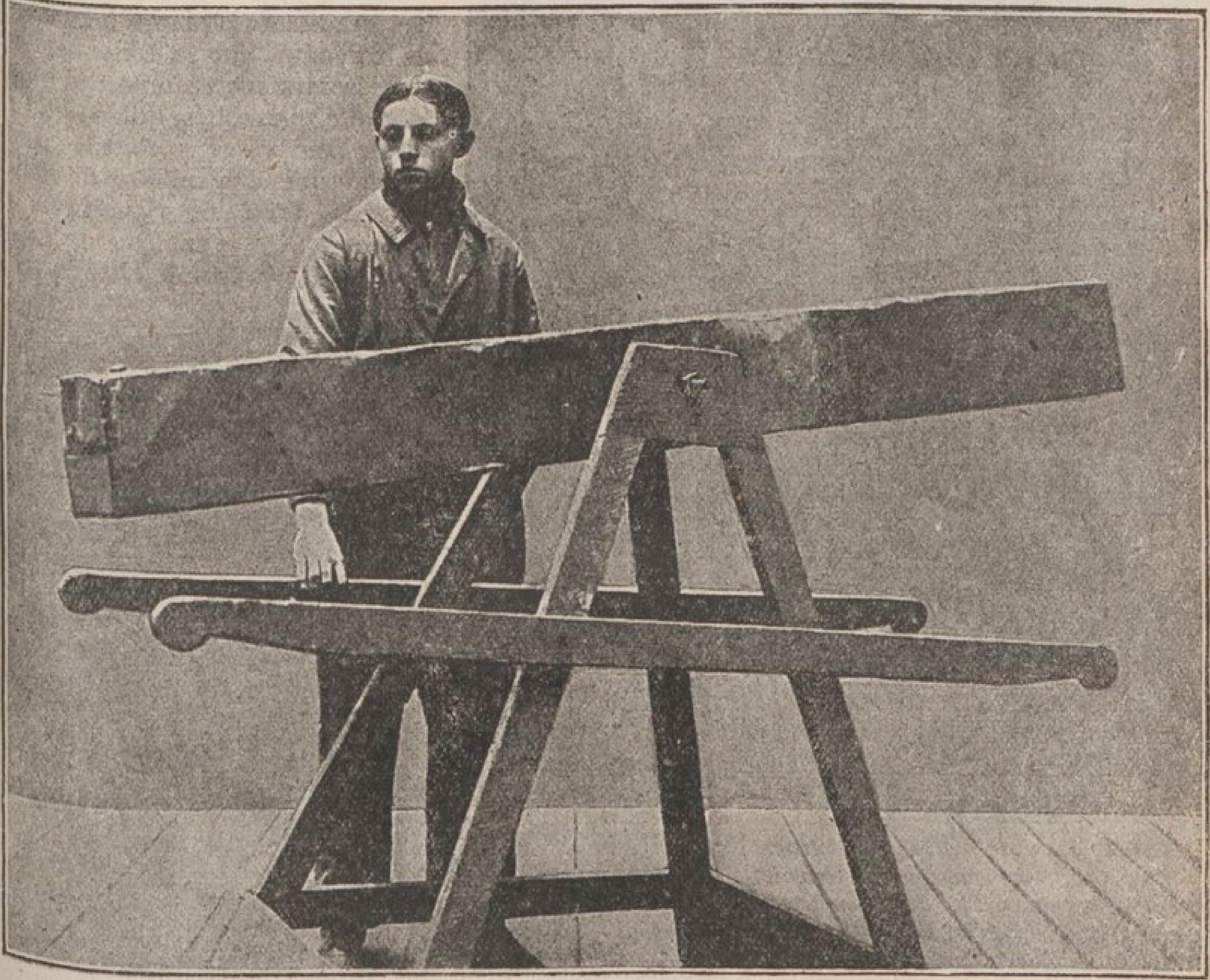
LE TONNERRE GRONDE DANS LE LOINTAIN...
Ce tonnerre n'est autre que les rouleaux ci-dessus que l'on promène lentement sur le plancher de la scène.

Parmi les bruits divers qu'il faut faire entendre en scène, nous citerons encore le roulement du train, qu'on imite en promenant des galets sur une plaque de tôle striée. L'arrivée d'un convoi en gare : une plaque de tôle posée sur la peau d'une grosse caisse et un faisceau de fils de fer que l'on promène sur cette tôle, et voilà le train qui entre en gare. L'arbre qui se rompt sous l'effort de la

tempête ou une porte qu'on enfonce avec violence, bref, tout morceau de bois qui se brise avec fracas s'imite avec une mécanique qui rappelle en grand la « claquette » à main des enfants : un tambour formé de lattes de bois espacées irrégulièrement et sur lesquelles viennent s'appuyer par leur extrémité une série de planchettes de longueurs inégales, faisant en quelque sorte ressort; en tournant le tambour, la latte soulève les planchettes, les écarte de leur support sur lequel elles viennent retomber et claquer, rendant un bruit sec, dès que la latte les laisse échapper.

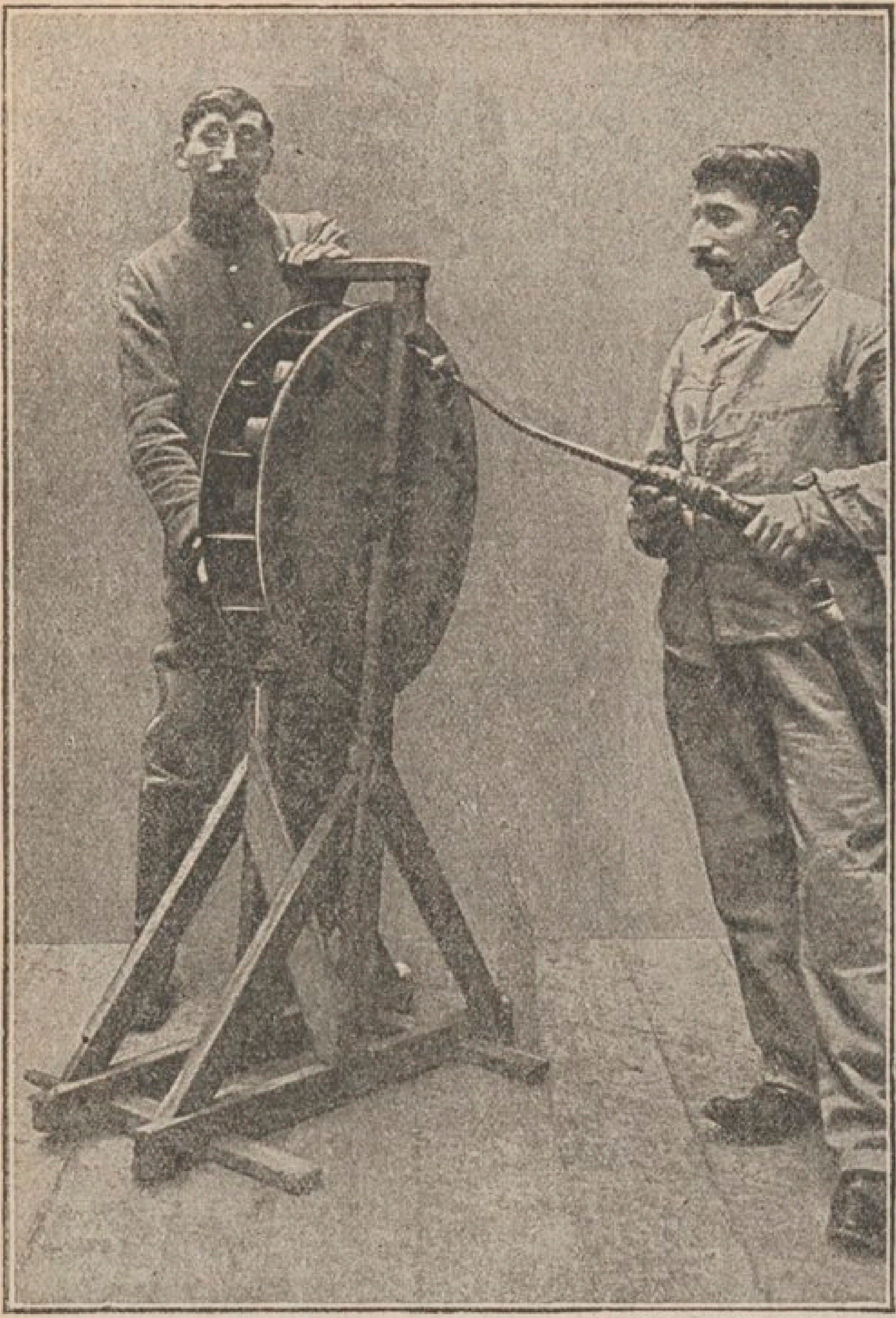
Les flammes sont de véritables flammes que l'on obtient avec la pipe à lycopode ; on projette, en soufflant dans le tuyau de la pipe de gigantesque dimension, de la poudre de lycopode sur une lampe à alcool ; la poudre s'enflamme et produit une immense gerbe de feu qui s'éteint aussitôt.

Au Châtelet, où nous avons pu, grâce à l'obligeance de MM. Fontanes et Prevost, photographier tous les trucs et appareils que nous venons de décrire, dans une des dernières pièces à grand spectacle qu'on y a montées, les *Exploits d'une petite Française*, la scène représentait un immense atelier pour la fabrication des obus, en pleine activité. La plupart des bruits cités plus haut y avaient trouvé leur place, mais aussi, grâce aux pipes de lycopode, on pouvait voir les foyers des chaudières en flammes, les vapeurs s'échapper des tuyaux. Comme les flammes, les vapeurs sont vraies aussi. Les dessous du théâtre sont, en effet, sillonnés par toute une série de canalisations permettant de répartir la vapeur, le gaz, l'air comprimé, l'électricité sur tous les points de la scène. Avec la vapeur, on actionne les sifflets des locomotives, les pistons des machines, on simule les éruptions de volcans. La vapeur sert aussi à nous donner l'image du sort réservé aux mortels en enfer ; mais, toutefois, à cette occasion, les flammes se produi-



CET APPAREIL BIZARRE SERT A IMITER LE BRUIT DE LA PLUIE

Dans cette caisse oblongue de fer-blanc, des petits cailloux ou des pois cassés sont emmagasinés; quand on renverse la caisse, les cailloux tombent en cascade sur des chicanes ménagées à l'intérieur, et le bruit de leur lente dégringolade donne l'illusion du bruit de la pluie, de l'averse même.

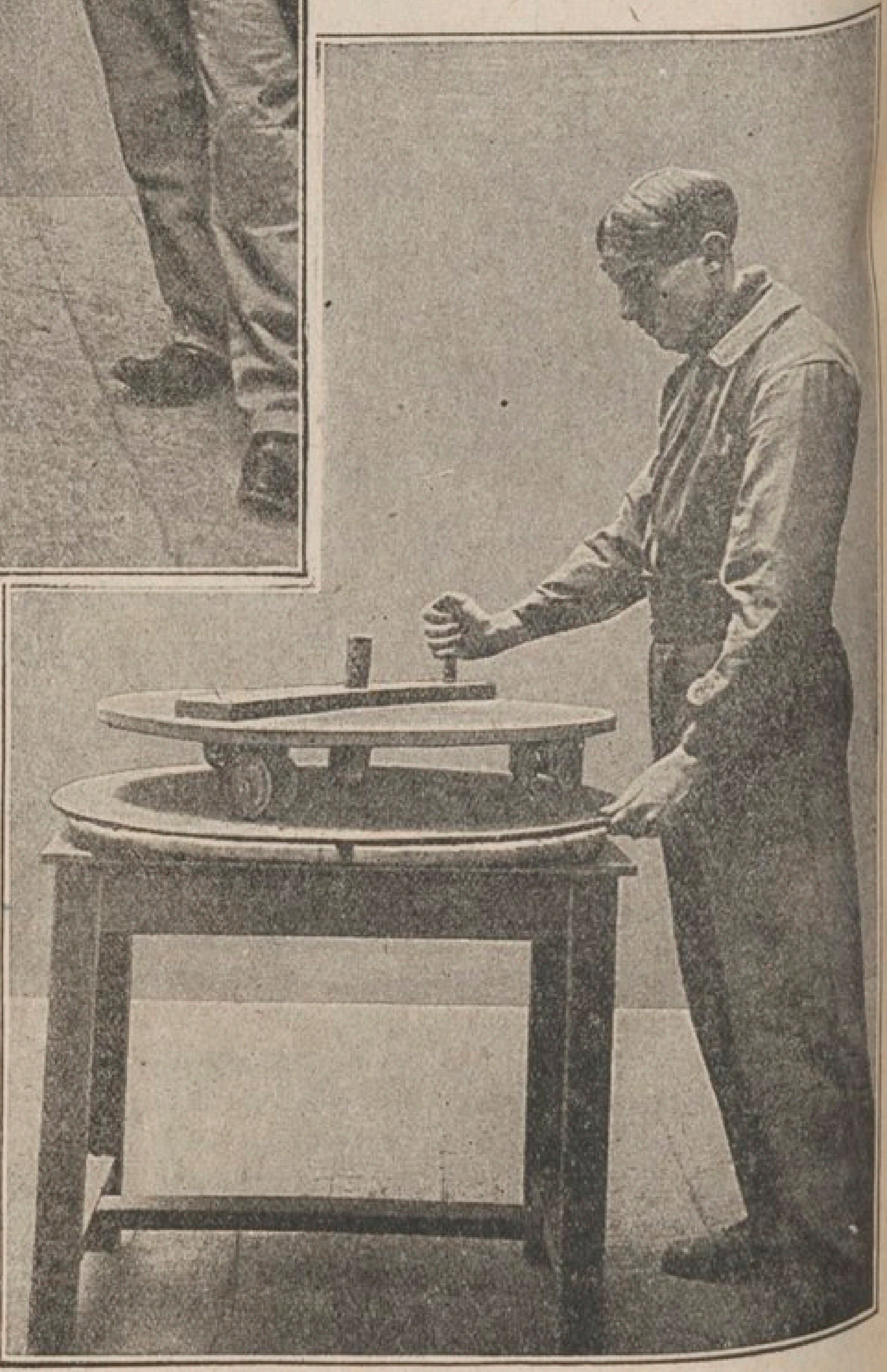


L'AÉROPLANE QUI PASSE

Pendant qu'un machiniste fait tourner le tambour, son compagnon envoie un jet d'air comprimé dans les trous situés à la périphérie. Et l'on croirait entendre ronfler le moteur d'un aéro.

sent d'une autre façon. On choisit deux costières traversant le théâtre dans toute sa largeur. Devant la première, une bande de rochers, en carton ou en toile, bien entendu, derrière laquelle déboucheront les tubes de vapeur et où sera disposée une rampe électrique chargée d'éclairer le deuxième plan ; à ce deuxième plan, sous la costière, la distribution d'air comprimé et, au-dessus, des rubans de soie rouge, de nuances variées et dégradées. L'air comprimé entraîne et soulève tous ces rubans de soie qui, illuminés par la rampe électrique et noyés dans les vapeurs du premier plan, représentent les flammes de l'enfer. Quelques diablotins sautillant au milieu de tout cela, et l'illusion est complète.

L'air agitant des étoffes a été maintes fois employé à la scène. Dans *Carmen*, au dernier acte, quand José rentre en scène, on voit au loin la foule qui garnit les gradins de la plazza acclamant le toréador. Sur la toile de fond représentant cette foule, des bouts d'étoffe sont collés, qu'un courant d'air soulève et ce sont les mouchoirs que des milliers de mains agitent. C'est un rien, mais ce rien complète le tableau de façon saisissante et dénote chez le met-

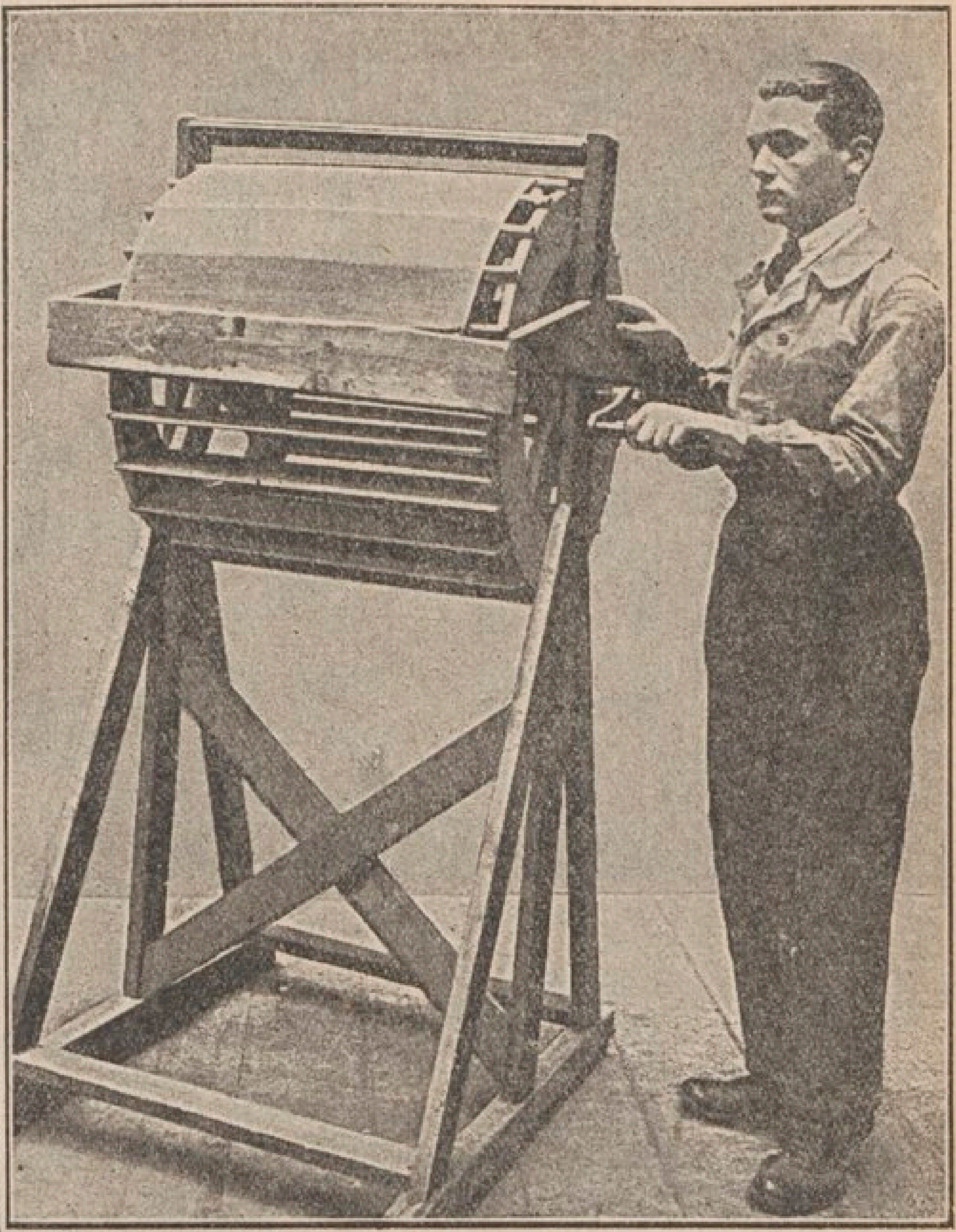


LE TRAIN QUI ENTRE EN GARE

Sur une plaque de tôle striée, on promène des galets en ralentissant progressivement le mouvement, et ce bruit rappelle le fracas des roues roulant sur les rails et franchissant les aiguilles.

teur en scène la recherche intelligente du plus petit détail.

Il va sans dire que les nombreux spécimens d'accessoires de théâtre que nous venons de citer ne sont qu'une faible partie de ceux que l'on emploie pour produire des effets correspondant aux diverses manifestations de la nature, depuis la neige qui tombe en flocons... de papier et la cascade qu'imitent des torsades de verre tournant sur elles-mêmes, ou de véritables chutes d'eau dans lesquelles viennent se jouer et s'iriser des projections de lumière électrique, jusqu'au crépitement de la fusillade que produisent de vieux canons de carabine disposés en batterie et dans lesquels on brûle de la vraie poudre. D'ailleurs, suivant les effets à obtenir, si l'arsenal du machiniste ne contient pas le truc voulu, l'esprit inventif de celui-ci aura tôt fait d'imaginer un dispositif ingénieux qui résoudra le problème.



LE VENT QUI SOUFFLE A TRAVERS LA MONTAGNE...

Des lattes de bois qui glissent plus ou moins rapidement contre une étoffe de soie donnent l'illusion de la brise, de la tempête ou de l'ouragan.

LE TRAIN QUI PASSE DANS LA CAMPAGNE

Un balai fait de tiges métalliques est promené, avec une lenteur ou une rapidité savamment calculées, sur une plaque de tôle qui repose contre la peau tendue d'une grosse caisse.

Le théâtre, toutefois, ne s'accommode pas que de ces accessoires ou trucs divers ; la mise en scène a d'autres ressources pour donner l'illusion de la réalité. Il ne sera pas sans intérêt de décrire quelques-uns des procédés employés pour produire des effets plus ou moins sensationnels. Certaines pièces à spectacle,

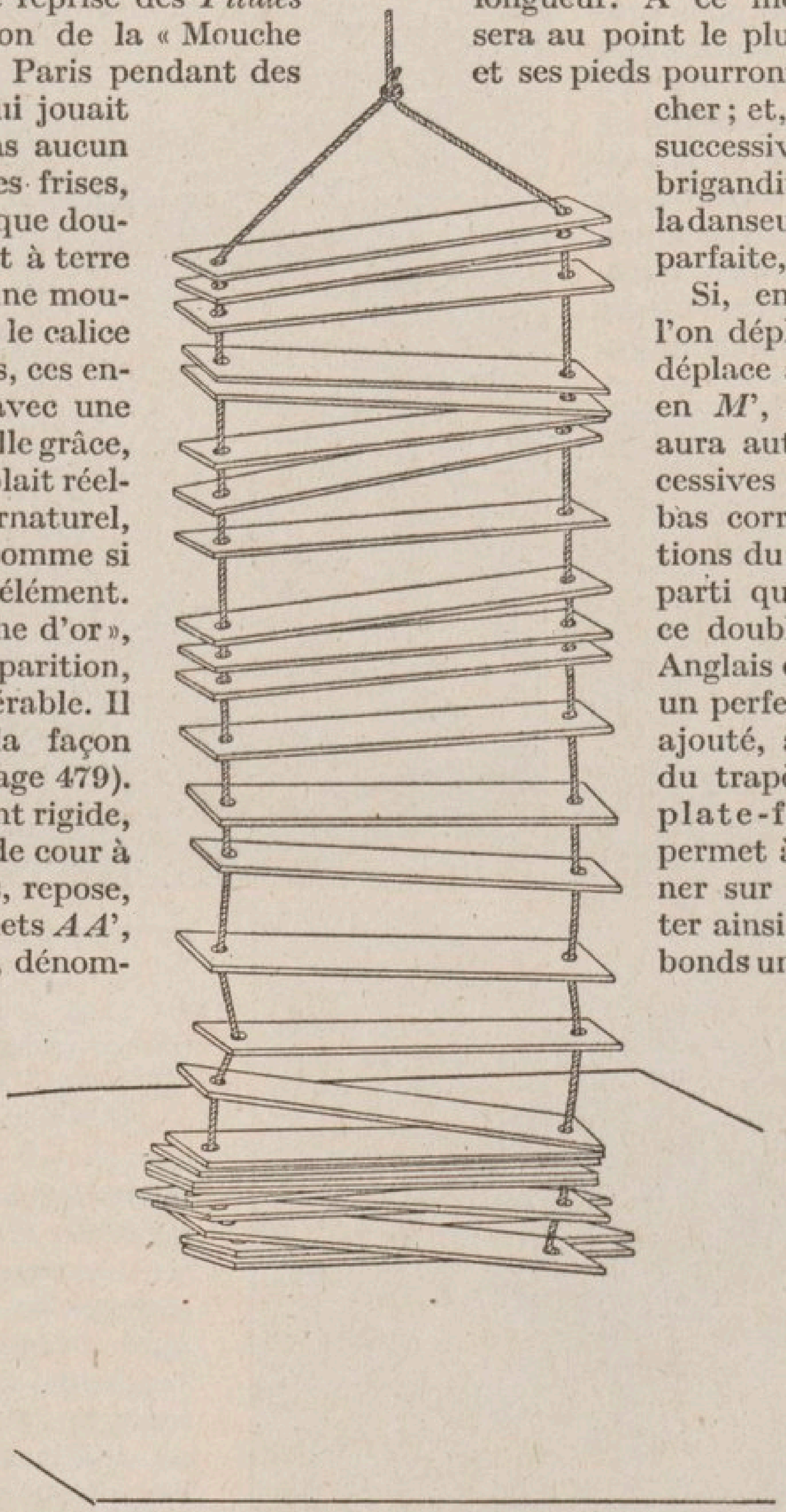
qui étaient loin d'être mauvaises par elles-mêmes, n'en ont pas moins dû leur grand succès à quelques trucs nouveaux, à un « clou » qui a suffi à amener le public pendant des centaines de représentations consécutives au théâtre qui en avait le monopole. Ainsi, au Châtelet, dans une reprise des *Pilules du Diable*, l'exhibition de la « Mouche d'or » fit courir tout Paris pendant des mois. La danseuse qui jouait ce rôle s'enlevait, sans aucun effort, jusque dans les frises, en redescendait presque doucement et se reposait à terre aussi légèrement qu'une mouche se poserait dans le calice d'une fleur. Ces bonds, ces envolées étaient faits avec une telle souplesse, une telle grâce, que la danseuse semblait réellement un être surnaturel, évoluant dans l'air comme si celui-ci eût été son élément. Le truc de la « Mouche d'or », à l'époque de son apparition, eut un succès considérable. Il était machiné de la façon suivante (voir fig. page 479).

Sur une sorte de pont rigide, traversant la scène de cour à jardin, dans les frises, repose, supporté par deux galets *AA'*, une sorte de trapèze, dénommé « brigandin », en argot de théâtre. Ce brigandin est commandé par deux câbles qui, à droite et à gauche, viennent s'enrouler sur deux tambours *TT'*. A l'aide de ces deux tambours ou cabestans, on peut faire rouler le brigandin sur toute la longueur du pont *PP'*. D'un point fixe *M*, placé au-dessus du pont, partent deux fils qui viennent passer dans quatre poulies creuses disposées aux quatre angles du brigandin et se réunissent au-dessous en un point *K* d'où part un fil métallique très solide, mais assez fin pour être invisible aux yeux du public. A l'extrémité de ce fil est accrochée la danseuse. Il s'ensuit que plus le brigandin s'éloigne du point fixe *M*, d'un côté ou de l'autre en *B* ou *B''*, plus la partie des fils qui soutient ce câble *K* se raccourcit; par contre, lorsque le brigandin sera juste au-dessous du point fixe, en *B'*, les fils tombant perpendiculairement, auront toute leur longueur. A ce moment, la danseuse sera au point le plus bas de sa course, et ses pieds pourront reposer sur le plancher ; et, suivant les positions successives que prendra le brigandin sur le pont *PP'*, la danseuse décrira une courbe parfaite, *D D' D'' D'''*, etc.

Si, en même temps que l'on déplace le brigandin, on déplace aussi le point fixe *M*, en *M'*, *M''*, *M'''*, etc... on aura autant de courbes successives dont le point le plus bas correspondra aux positions du point *M*. On voit le parti que l'on peut tirer de ce double déplacement. Les Anglais ont apporté à ce truc un perfectionnement ; ils ont ajouté, à la barre inférieure du trapèze *B*, une sorte de plate-forme pivotante qui permet à la danseuse de tourner sur elle-même et d'ajouter ainsi à ses vols et à ses bonds un mouvement de plus.

Dans le ballet des Sylphes, de la *Damnation de Faust*, plusieurs trucs semblables étaient disposés sur différents plans, de façon que plusieurs danseuses pouvaient être balancées simultanément ; mais, le corps de ballet français s'étant refusé catégoriquement de se prêter à cette gymnastique qui ne figurait pas sur ses engagements, on dut faire venir de des danseuses de Vienne, déjà entraînées à ce genre d'exercice.

Aujourd'hui, c'est au décor lui-même que l'on fait jouer un rôle. Les apparitions, notamment, resteront toujours au répertoire. Faire dérouler sous les yeux du spectateur le rêve du personnage qui vient de s'endor-



L'ÉCLAT DU TONNERRE

Du haut du cintre, on lâche brusquement ces plaquettes de bois réunies par un cordage ; elles retombent les unes sur les autres avec un bruit imitant le fracas de la foudre.

mir en scène est un jeu de scène classique. Pour obtenir ce résultat, on emploie un procédé bien simple. Que le lieu où l'action se développe soit un intérieur, une forêt ou une place publique, le décor du fond est peint sur un tissu métallique à travers les mailles duquel le regard du spectateur peut passer. Tant que les lumières de la rampe et des herses sont allumées, un rideau noir est tendu derrière la toile métallique ; l'œil ne voit que la peinture du décor ; mais, baissez la rampe, relevez instantanément le rideau, noir et éclairez derrière la toile du fond, que va-t-il se passer? Le regard n'étant plus attiré par les détails peints sur le décor devenu obscur, verra en arrière de celui-ci, à travers ses mailles, les objets ou personnages qu'on y aura disposés et éclairés fortement. Ainsi procède-t-on au premier acte de *Faust*, quand le vieux docteur, qui a invoqué les puissances sataniques, voit apparaître, au milieu des cornues de son laboratoire, la blanche et douce figure de Marguerite à son rouet. Pour que l'apparition cesse, pour que Marguerite disparaisse aux yeux éblouis de Faust, il suffit que les lumières qui illuminaient le personnage placé derrière le décor s'éteignent et que celles d'avant-scène se rallument. Aussitôt, le rideau noir étant redescendu, la toile métallique du fond reprend son premier aspect : murailles, cornues, alambics, serpents et oiseaux empaillés réapparaissent à leur place primitive.

Avec des bouts de bois, de la toile peinte, des rideaux de tulle de différentes couleurs et quelques lampes électriques, on a réussi avec succès des reproductions de scènes réelles donnant même une impression de mouvement, sans que, cependant, aucun décor ait été changé de place. C'est au Châtelet encore que nous emprunterons cet exemple qui, par l'originalité de l'effet obtenu, tiendra certainement une bonne place dans les annales de la machinerie. Dans une pièce à grande mise en scène, il s'agissait de représenter l'arrivée d'un grand paquebot par une nuit brumeuse. Cette arrivée se faisait, non par le travers de la scène, en faisant glisser un praticable représentant le travers d'un paquebot, mais de face, venant de la haute mer et se dirigeant vers le spectateur. C'était jouer la difficulté ; l'ingéniosité du machiniste et du décorateur en eut, là encore, raison. Tout au fond de la scène, la toile représentant un horizon de mer, la nuit, par un effet de lune. En avant de cette toile, la proue du paquebot dont les hublots, les feux de position sont éclairés par transparence à l'aide de lampes électriques. Masquant la toile de fond et la carcasse du navire, une succession de six ou sept rideaux de tulle, de couleur grise ou neutre, descendent des

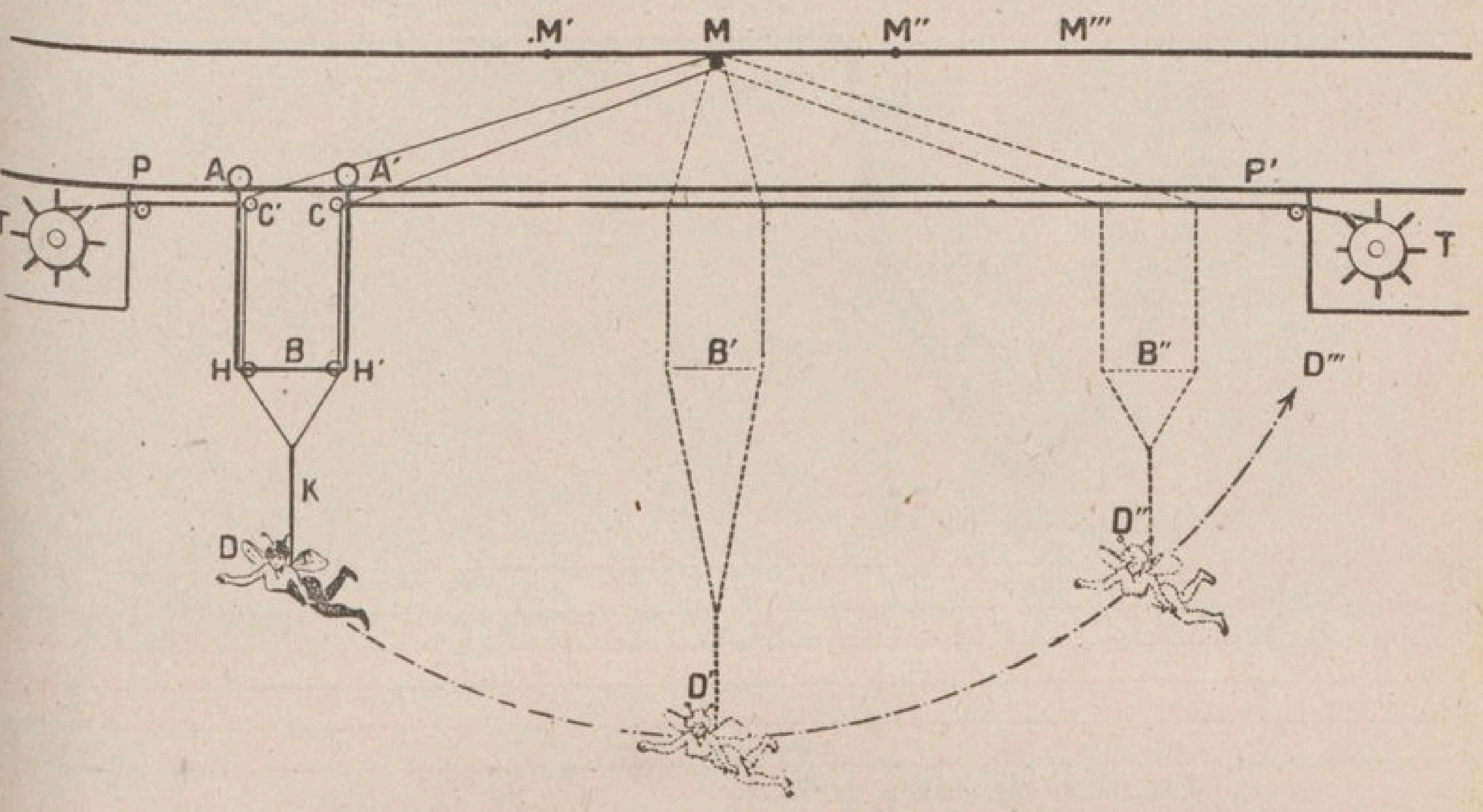
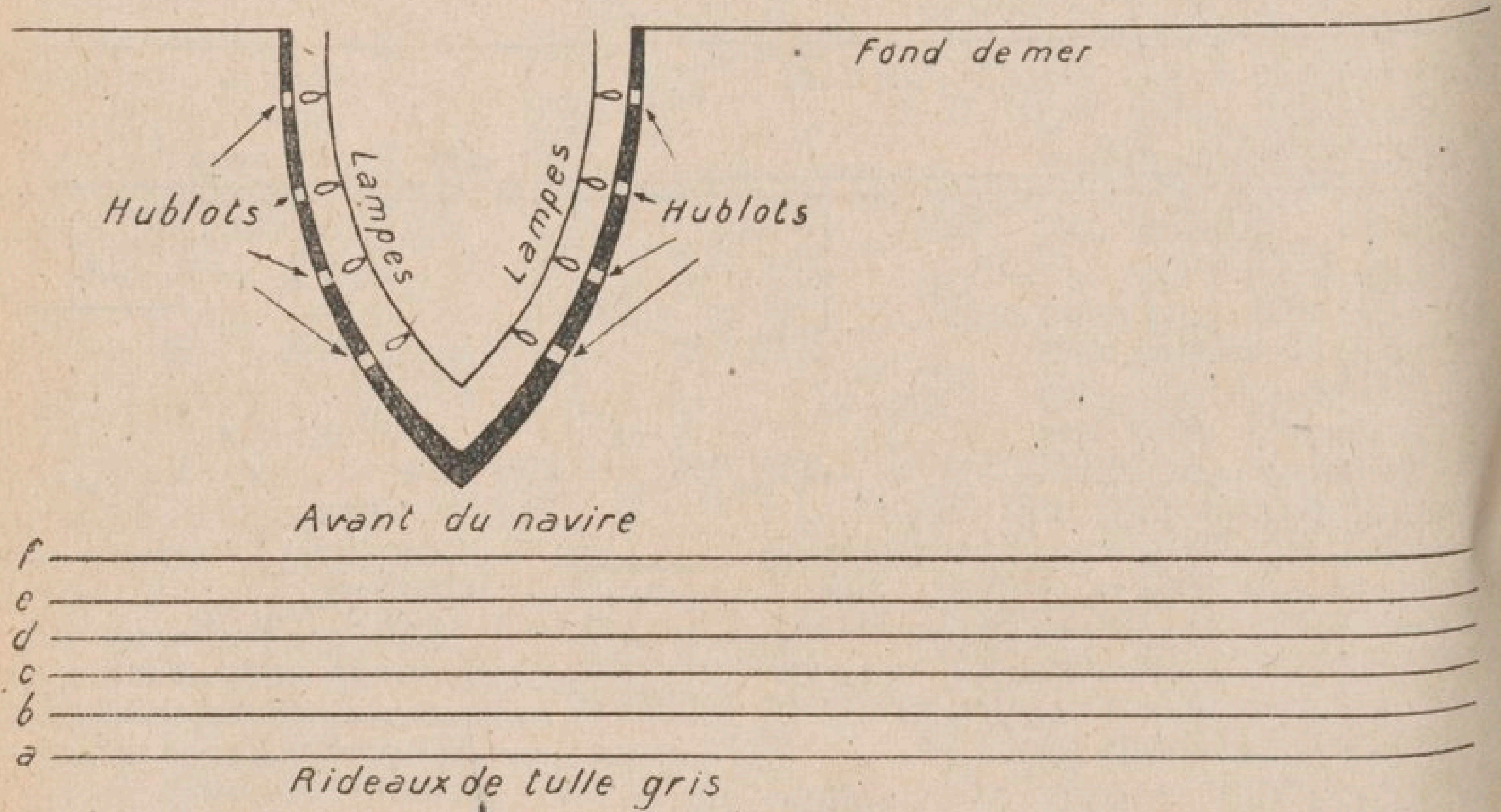


FIGURE SCHÉMATIQUE EXPLIQUANT LE TRUC DE LA « MOUCHE D'OR »

B, *trapèze dénommé « brigandin », supporté par deux galets* A A', *sur le pont fixe* P P' *qui traverse la scène dans les frises;* C C', *tambours sur lesquels s'enroule le câble qui sert à déplacer le brigandin sur le pont;* M, *point fixe où sont équipés les fils qui, passant par les poulies* C C', H H', *viennent, après s'être réunis sur le câble* K, *supporter la danseuse* D.

frises jusqu'au plancher. La scène est plongée dans une obscurité relative qui permet de distinguer vaguement les premiers plans, les jetées, formant l'entrée du port vers lequel le navire se dirige ; mais, au delà, la vue est barrée par le brouillard épais dont les rideaux de tulle donnent l'illusion complète. Rien ne permet de deviner le navire qui est censé approcher dans ce brouillard.

Un premier rideau de tulle est enlevé rapidement ; l'épaisseur du brouillard diminue d'autant, et l'œil du spectateur perçoit du vague, de l'imprécis, du vaporeux à la netteté complète, est fréquent et permet d'obtenir des effets surprenants. On a beaucoup joué aussi de l'obscurité au théâtre; ce que l'on a appelé la magie noire n'emploie pas d'autres moyens. La scène entière : fond, plancher, plafond et côtés, est tendue d'étoffe noire ; rampe, herses, tout est éteint ; l'obscurité règne dans les coulisses ; seule la salle conserve une partie de son éclairage. Dans ce cadre obscur sur lequel aucun rayon lumineux ne peut tracer une ombre, on fait



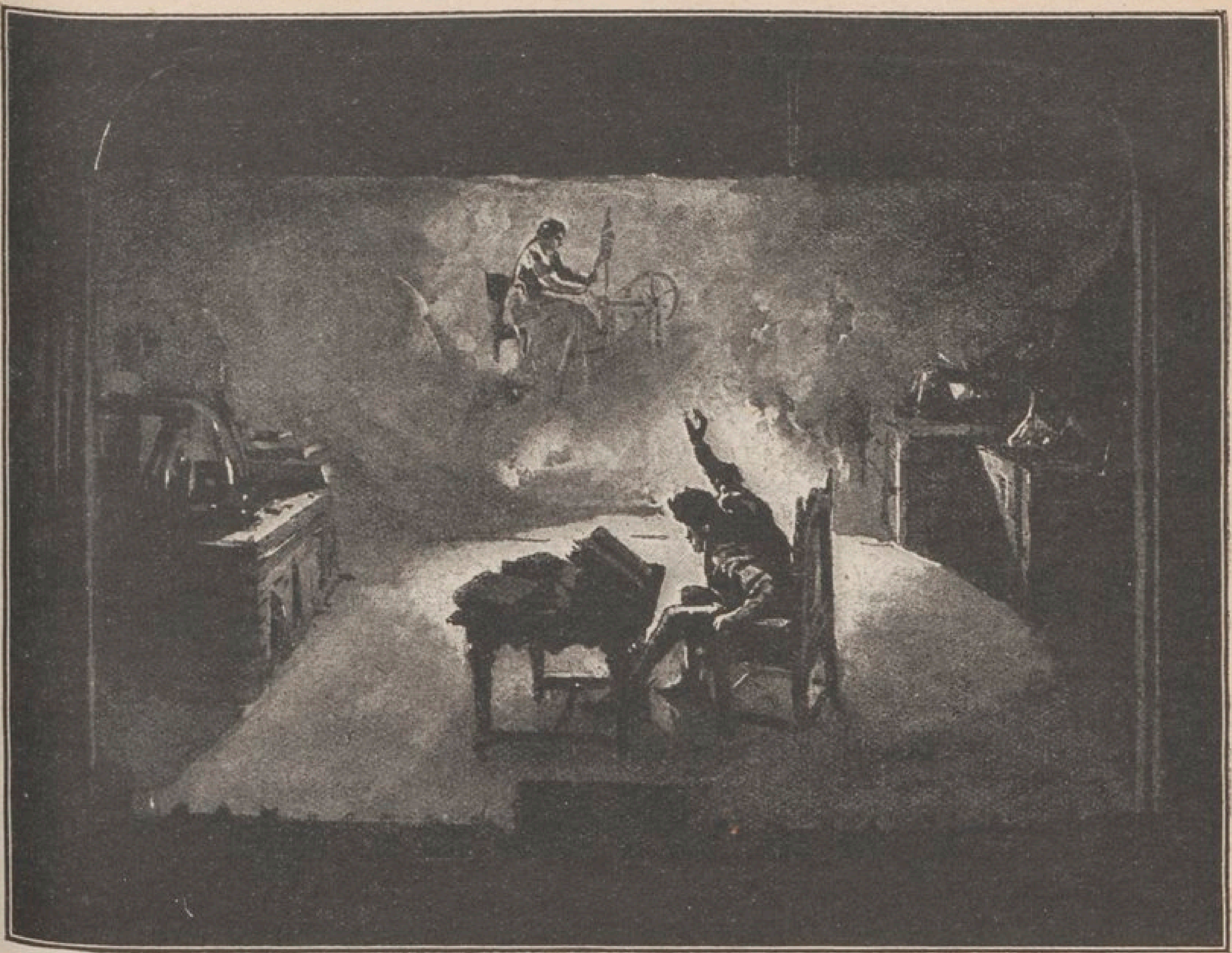
L'ARRIVÉE DU NAVIRE, EN PLEINE NUIT, AU PORT DE DÉBARQUEMENT

Ce dessin schématique montre, en plan, la disposition du décor. Les hublots sont éclairés, mais les rideaux de tulle a b c d e f *ne permettent pas de voir les lumières. On les enlève l'un après l'autre, rapidement, et les lumières, à chaque rideau relevé, paraissent plus distinctes, donnant ainsi l'impression que le navire avance.*

la très faible lueur des feux de position ; un deuxième rideau est enlevé, les lumières deviennent un peu plus visibles, les hublots illuminés apparaissent ; troisième rideau, l'ensemble des lumières s'accentue davantage ; quatrième rideau, la forme du navire se dessine ; cinquième, sixième rideau, l'ensemble devient net, les lumières brillent avec éclat ; le paquebot est dans le port. Et la progression, dont la rapidité a été calculée, de la visibilité de ces feux et de ces formes qui se distinguent de plus en plus, donne l'impression que le navire avance réellement, coupe le brouillard et arrive droit sur le spectateur. L'effet ainsi obtenu était très saisissant et son succès fut considérable.

L'emploi des rideaux de tulle, combiné avec des jeux de lumières, pour obtenir ainsi des apparitions plus ou moins lentes, passant

apparaître des objets qui étant, eux, de couleur claire, accrochent au passage les lueurs envoyées par l'éclairage de la salle. Ces objets vont et viennent dans le noir, sans que l'on puisse deviner de quelle façon ils se déplacent, comment ils se maintiennent suspendus dans l'espace ; c'est une chaise, une table, un éventail, une main que l'on voit tour à tour se balancer, s'éloigner, s'élever, revenir, mystérieusement. Il n'est pourtant question ni de fils invisibles, ni de trappes, mais simplement d'êtres humains qui, comme l'ensemble du décor, sont, de la plante des pieds jusqu'au dessus de la tête, enveloppés d'un maillot noir ; les yeux même ne voient qu'à travers la cagoule. Sur eux, la lumière n'a pas de prise ; les rayons venus de la salle ne détacheront pas du décor noir ces personnages noirs aussi, tandis que les objets que



L'APPARITION DE MARGUERITE A FAUST, AU PREMIER ACTE DE L'OPÉRA DE GOUNOD

Le laboratoire du vieux savant est plongé dans l'obscurité, tandis que derrière la toile métallique du fond, à travers les mailles de laquelle peut passer le regard, se voit, en pleine lumière, Marguerite au rouet.

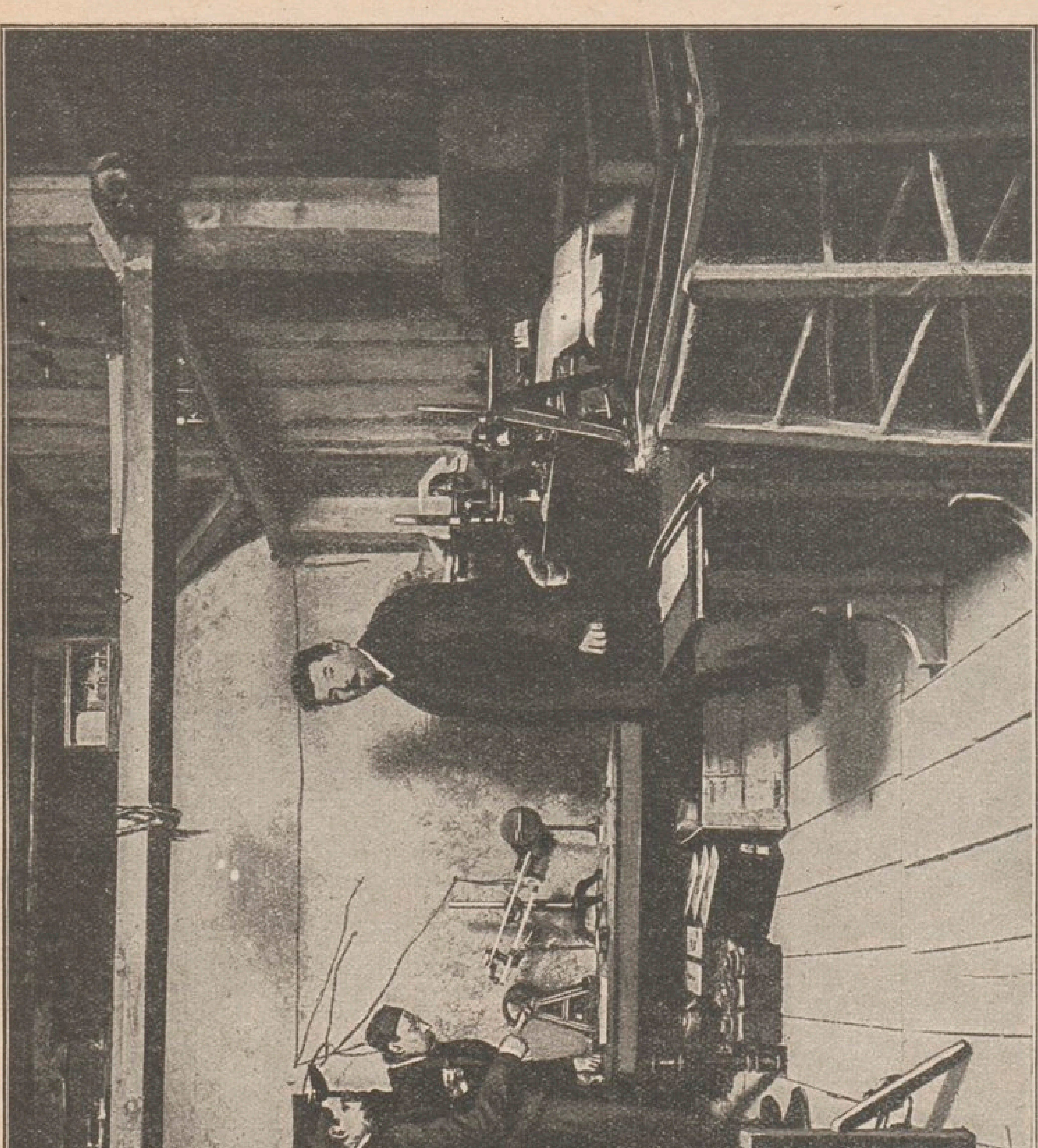
ceux-ci portent à la main, chaise, table, éventail, retiennent la lumière et restent seuls visibles aux yeux des spectateurs.

Ce truc est surtout employé par les prestidigitateurs dans ceux de leurs numéros où ils évoquent les fantômes, où ils font apparaître des tambours qui battent aux champs sans que l'on aperçoive les mains qui manient les baguettes, où ils font sortir de cornes d'abondance des cascades de pièces d'or ou d'argent, dont on entend le bruit et le tintement, sans distinguer le récipient dans lequel elles tombent. Décor noir, hommes noirs, rideaux noirs dont on recouvre brusquement l'objet que l'on veut faire disparaître, tel est le secret bien simple de la magie noire.

Par contre, la lumière facilite d'autres apparitions. Pendant l'exposition de 1900, sur la scène du théâtre des « Illusions », miss Lotty apparaissait, éblouissante, au milieu de l'obscurité, vêtue d'un maillot de soie blanche et portant sur les épaules un manteau de velours noir doublé de satin blanc. Tantôt blanche, tantôt bleue, rose, verte ou or, son costume variait sans cesse de couleurs et de nuance. Toute la personne de miss Lotty était soudain parsemée d'étoiles d'argent sur fond bleu, d'étoiles d'or sur fond grenat ; puis c'étaient des lis, des roses, des pensées, des bleuets qui l'émaillaient tout entière ; d'autres fois enfin se déployaient sur elle les drapeaux des principales nations du monde. Tous ces effets étaient obtenus par la projection sur l'artiste de tableaux exécutés par elle-même, et avec une très grande habileté, au moyen de laques ou de vernis transparents.

Il est encore d'autres modes d'apparitions qui s'obtiennent avec des jeux de glaces disposées de certaines façons ; on met ainsi en scène des spectres au milieu desquels circulent des personnages réels, passant au travers ou derrière ces fantômes, sans cesser, pour cela, d'être visibles. Nous décrirons plus tard, quand nous traiterons la question de la machinerie théâtrale et de la part qui doit être réservée à la science et à la mécanique, ces procédés, qui font plus particulièrement partie du domaine de l'optique.

MARCEL JUBIN.



BARAQUEMENT-LABORATOIRE DE MM. VIOLLE ET VAUTIER POUR LEURS EXPÉRIENCES RELATIVES A LA VITESSE DU SON

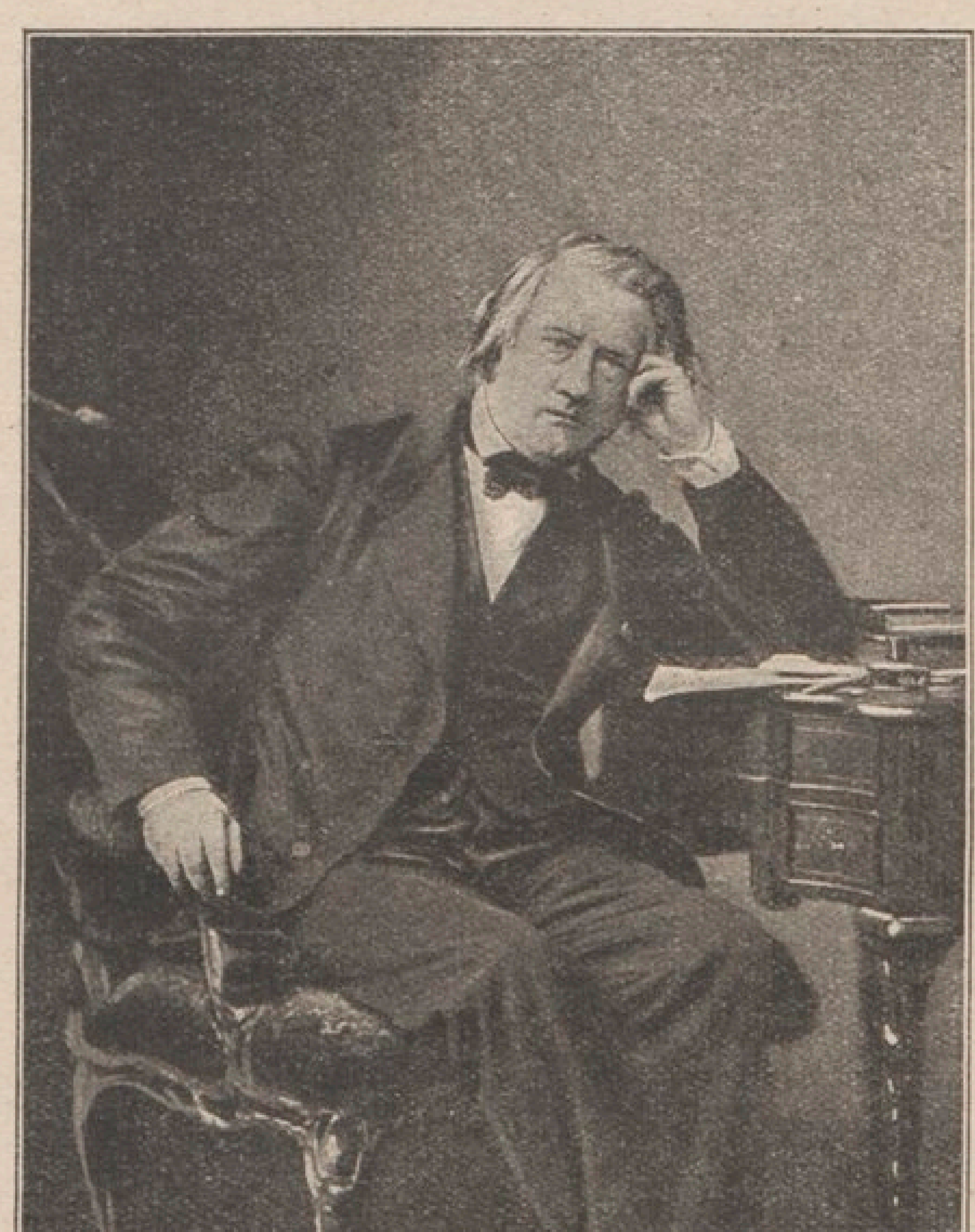
A gauche : la soufflerie et la grande flûte d'orgue ; au centre : M. Violle, l'un des expérimentateurs, observant les inscriptions des vibrations du diaphragme

COMMENT, A DIFFÉRENTES ÉPOQUES, FUT MESURÉE LA VITESSE DU SON

Par Jacques BOYER

Une expérience familière à tous montre que le son met un certain temps pour se propager dans l'air d'un point à un autre. Par exemple, si nous observons à quelque distance un chasseur en train de tirer un lièvre, notre œil apercevra la fumée du coup de fusil avant que notre nerf auditif ne perçoive la sensation du bruit. Les vibrations sonores ne parviennent donc pas instantanément jusqu'à l'observateur; il leur faut un temps d'autant plus long que l'endroit de leur production se trouve plus éloigné, et l'agitation primitivement imprimée à l'air, au moment de l'explosion, se transmet successivement dans toutes les directions.

Les anciens avaient déjà remarqué que le son ne s'entend pas à toute distance au même instant. Le poète Lucrèce signala ce phénomène dans son *De natura rerum*, et Aristote l'étudia. Au XVII^e siècle, de nombreux physiciens cherchèrent à démêler les lois de ce mouvement. Ils se demandèrent si cette vitesse est constante ou varie avec la distance de la source; si elle diffère selon les milieux, si elle est plus petite dans les liquides que dans les solides ou les gaz, dans les montagnes ou les plaines, les collines ou les vallées. Change-t-elle avec les conditions atmosphériques? La température, la pression barométrique, l'humidité de l'air, le vent, influent-ils sur elle? Tels sont les problèmes que plusieurs générations de savants se proposèrent de résoudre. Toutefois, Newton, le premier, sut appliquer avec succès les mathématiques à l'acoustique et il indiqua, dans ses immortels *Principes* (1687), la formule de la vitesse du son, que les académiciens de Florence avaient déterminée expérimentalement dès 1660 et à laquelle ils avaient assigné la valeur de 372 m. 90 par seconde, chiffre trop élevé, comme nous le verrons par la suite. De son côté, un religieux Minime, le P. Mersenne, en se basant sur l'écho, avait trouvé pour cette vitesse un chiffre trop faible: 316 mètres environ. Quant aux observations de Gassendi, Huyghens et Boyle, elles ne fournissaient pas des indications plus exactes, les expérimentateurs ignorant les causes physiques qui entachaient d'erreurs le résultat final.

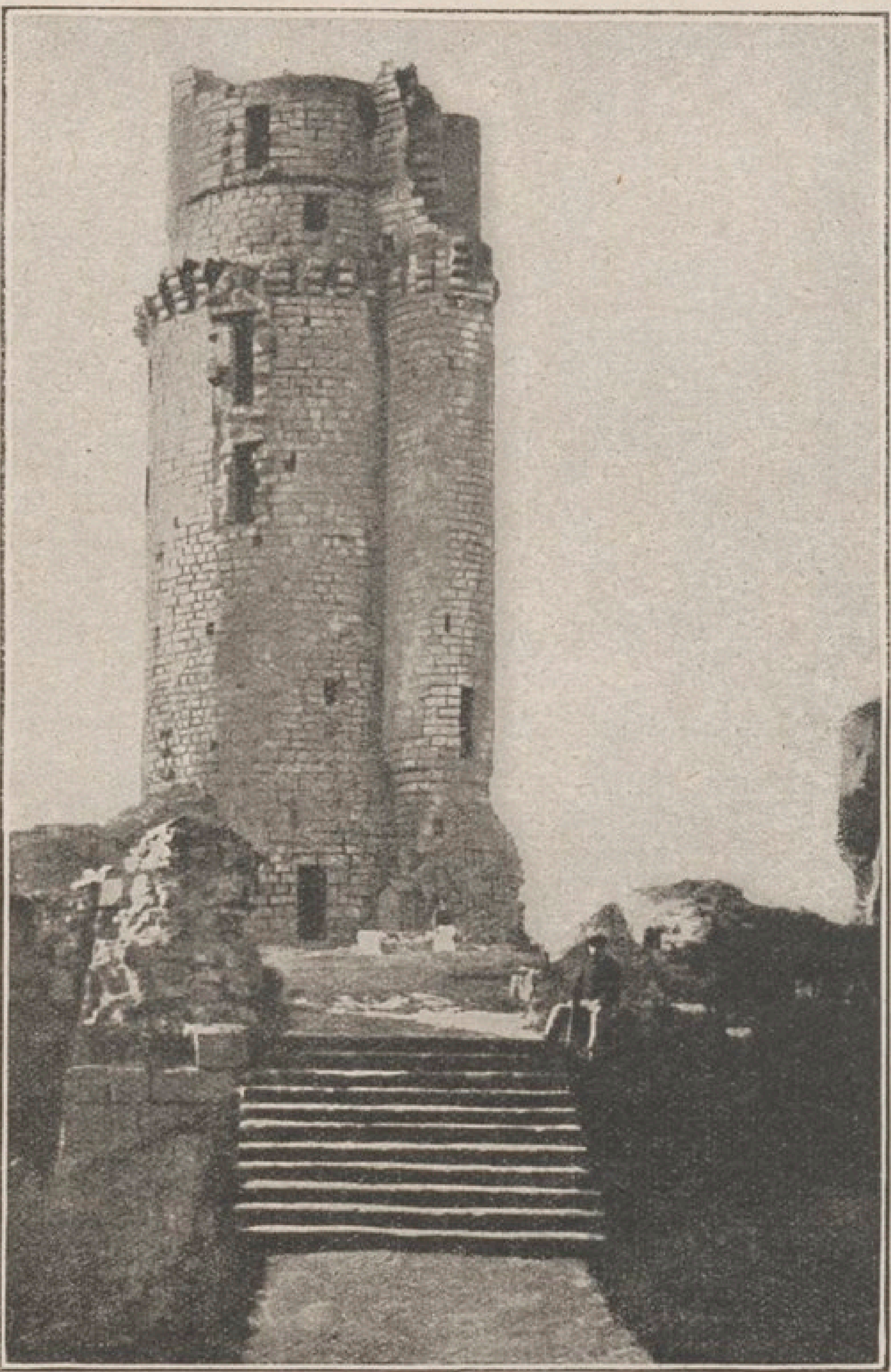


LE PHYSICIEN H.-V REGNAULT (1810-1878)

Il réalisa avec un plein succès les premières déterminations précises de la vitesse du son, grâce à l'emploi de l'inscription graphique.

Vu l'incertitude de ces déterminations, l'Académie des Sciences de Paris chargea trois de ses membres : Lacaille, Cassini de

Thury et Maraldi, d'entreprendre de nouvelles expériences à ce sujet (1738). Comme postes d'observation, ces savants choisirent l'Observatoire, et la pyramide de Montmartre d'une part, le moulin de Fontenay-aux-Roses, Dammartin et le *château de Montlhéry* (dont il ne reste plus aujourd'hui qu'une tour en ruines), d'autre part. Les expériences s'effectuaient la nuit et commençaient par le lancer d'une fusée ; on tirait, de dix en dix minutes, un coup de canon à l'une des stations, notant aux autres le temps qui s'écoulait entre la vue de la lueur accompagnant l'inflammation de la poudre et l'arrivée du bruit. On calculait aisément la vitesse du son en divisant la distance par le temps observé au moyen d'une bonne montre à secondes ou d'un pendule. Toutefois, ce temps n'était pas évalué de façon très précise, et les thermomètres imparfaits d'alors n'indiquaient qu'approximativement la température. Les opérations, continuées du 14 au 16 mars 1738, permirent aux académiciens de reconnaître l'influence du vent, entrevue par l'Anglais Derham. Si la bise souffle dans le sens de la propagation des ondes sonores, la vitesse se trouve augmentée, et ralentie dans le sens contraire. Lorsque la direction du vent est oblique, la vitesse du son s'accroît ou diminue selon l'angle que sa direction fait avec celle de ce dernier. L'action du vent ne s'annule que s'il souffle à angle droit entre les deux stations.



LA TOUR DU VIEUX CHATEAU DE MONTLHÉRY

Cette tour fut choisie, comme un des postes d'observation, par Lacaille, Cassini de Thury et Maraldi, que l'Académie des Sciences de Paris avait chargés de déterminer la vitesse du son dans l'air, en 1738.

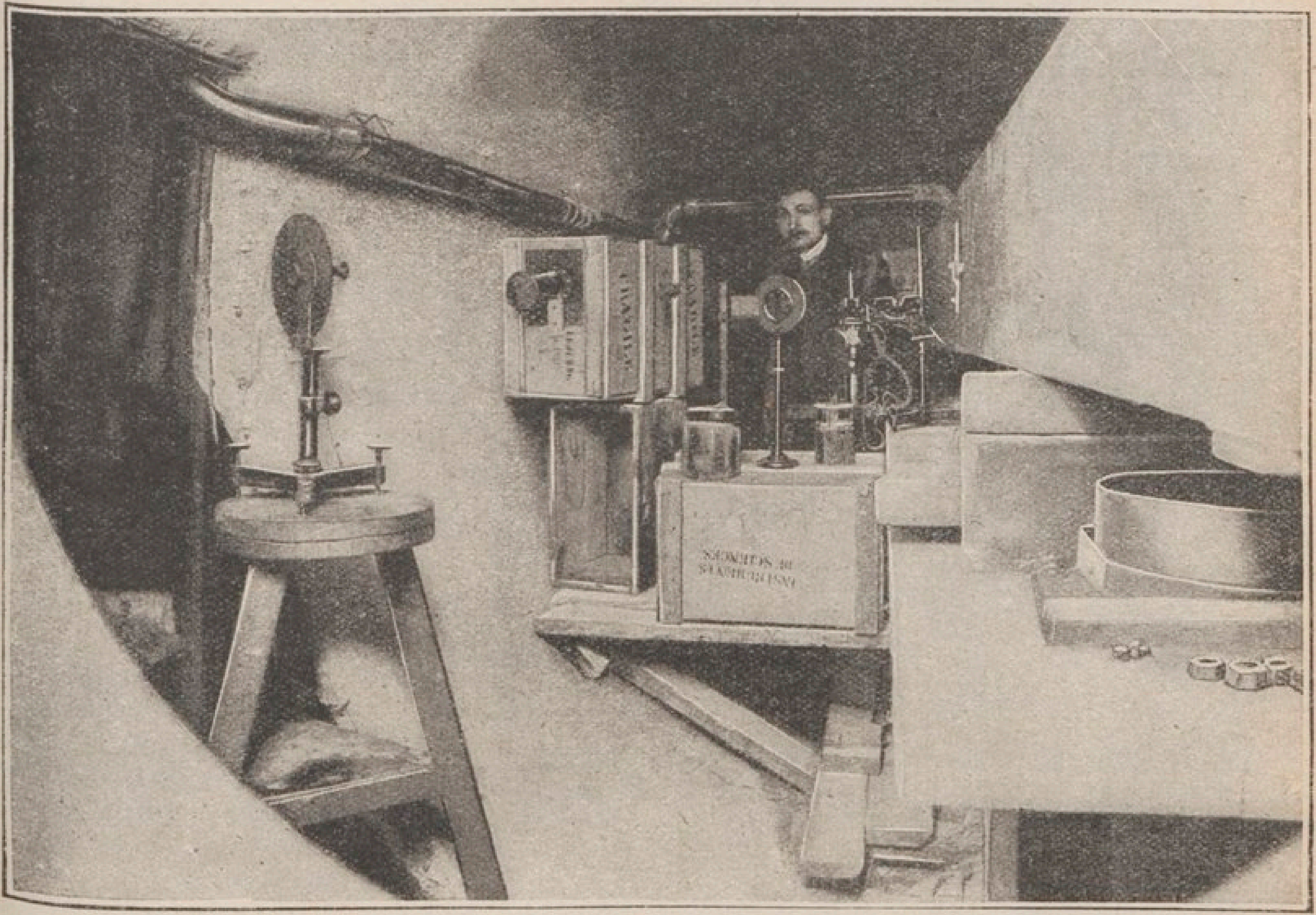
Ils se rendirent compte, en outre, que la vitesse du son est indépendante de la pression, qu'elle paraît la même par temps sec ou pluvieux, et que le son se transmet uniformément en franchissant environ 173 toises par seconde à 6°, ce qui correspond à 333 mètres par seconde à la température de 0°.

Le retentissement de ces expériences fut considérable, et elles servirent de point de départ à de nouvelles observations sur le même sujet, faites à Aigues-Mortes, par Lacaille et Cassini (1739) ; à Quito et à Cayenne, par La Condamine (1740 et 1744) ; puis, un peu plus tard, par Koestner et Muller, à Goettingue ; par Espinoza et Bauza, à Santiago-du-Chili ; par Benzenberg, près de Dusseldorff, en 1809 et 1811 ; par l'astronome anglais Goldingham, à Madras (1821). La moyenne des huit cents coups de canon tirés des forts Saint-Georges et Saint-Thomas donna à ce dernier savant, pour vitesse du son à 27°56, le chiffre de 347 m. 57. Enfin, l'année suivante, sur la proposition de Laplace, le Bureau des longitudes jugea à propos de reprendre l'œuvre des académiciens de 1738. La commission se composait d'Arago, de Prony, Bouvard et Mathieu, et elle s'adjoignit Gay-Lussac et Humboldt. Comme leurs devanciers du XVIII[e] siècle, les expérimentateurs choisirent Montlhéry

pour une des stations, mais, afin d'éviter aux ondes sonores le trajet d'une atmosphère aussi troublée que celle de la Capitale, on prit un point de la banlieue parisienne, Villejuif, comme second poste. De plus, on remplaça les pendules imparfaits des premiers observateurs par des chronomètres de Bréguet, qui donnaient le dixième de seconde.

Les expériences commencèrent le 21 juin 1822, à 10 h. et demie du soir, et se continuèrent le lendemain à 11 heures par un ciel serein. On tirait chaque nuit, des diverses stations, douze coups de canons chargés de gargousses de 1 kilo à 1 k. 500 de poudre ; on alternait les coups de dix en dix minutes, à partir d'un signal convenu. Chaque groupe d'observateurs notait le nombre de secondes qui s'écoulait entre l'apparition de la lumière et la perception du son. En combinant les coups réciproques entendus de part et d'autre, ils reconnurent que le son parcourt exactement 330 m. 64 par seconde, à 0°.

En dehors de l'intérêt scientifique de la question, la connaissance de la vitesse du son fournit un procédé commode pour évaluer rapidement les distances. Mais toutes les méthodes employées jusqu'au milieu du XIXe siècle péchaient par la base. Il y avait une cause d'erreur primordiale tenant à l'appréciation par l'opérateur du temps écoulé entre la perception de la lumière et celle des ondes sonores. Que l'on s'adresse à un pendule à secondes ou à un chronomètre, il faut accomplir une succession d'actes physiologiques dont la durée varie selon les personnes, d'où incertitude du résultat final. Grâce à un heureux emploi de l'inscription graphique, Regnault supprima complètement l'intervention de l'observateur, et, ce faisant, l'illustre savant introduisit dans la physique une donnée toute nouvelle.

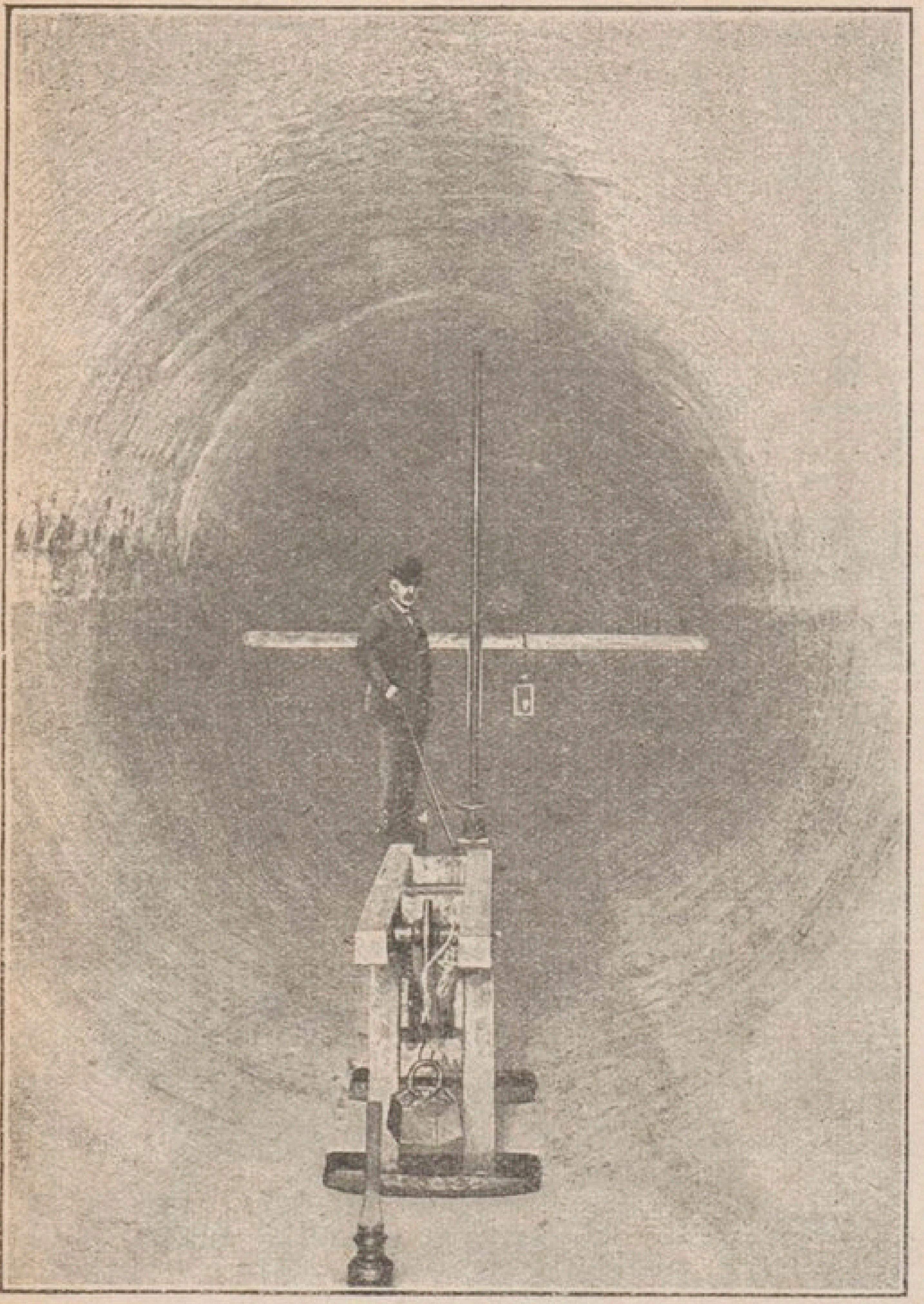


UNE EXPÉRIENCE DE DÉTERMINATION DE LA VITESSE DU SON A LA STATION SPÉCIALEMENT ÉTABLIE A ARGENTEUIL PAR MM. VIOLLE ET VAUTIER

On aperçoit, à droite de la photographie, la grande flûte d'orgue et, à gauche, les instruments nécessaires pour l'inscription graphique des vibrations du diapason.

Regnault pose en principe que le résultat de toute expérience doit se dégager net et clair. Il fait usage de mécanismes compliqués, c'est vrai ; mais si l'appareil est complexe, le phénomène à observer est simple. Dans l'art d'exprimer, en fait de corrections, il ne reconnaît qu'un procédé sûr : celui qui n'en exige pas. N'est-ce pas, d'ailleurs, la méthode des moralistes profonds, des politiques heureux et aussi celle des grands capitaines?

Pour se mettre à l'abri des variations



VUE INTÉRIEURE DE LA CONDUITE D'ARGENTEUIL

C'est là que MM. Violle et Vautier procédèrent à leurs expériences pour déterminer la vitesse de propagation du son.

plus complète qui ait été effectuée sur la vitesse de propagation dans l'air du son produit par l'explosion des pièces d'artillerie.

Malheureusement, en 1870, pendant le siège de Paris, une main brutale anéantissait, à Sèvres, occupé par l'ennemi, toutes ses notes et jusqu'au moindre des instruments de son laboratoire. Rien ne semblait changé dans cet asile de la Science, et tout y était détruit! On s'était contenté de casser la tige de ses thermomètres ou de briser les tubes de ses manomètres ou de ses baromètres devenus, par leur participation aux plus importantes expériences du siècle, de véritables monuments historiques; pour les balances et autres appareils de précision, il avait suffi d'en fausser d'un coup de marteau les pièces fondamentales; les registres et les manuscrits, réunis en tas, avaient été livrés aux flammes et réduits en cendres. Dix ans de travail opiniâtre et des centaines de résultats que la philosophie naturelle regrettera toujours et ne retrouvera pas, avaient disparu.

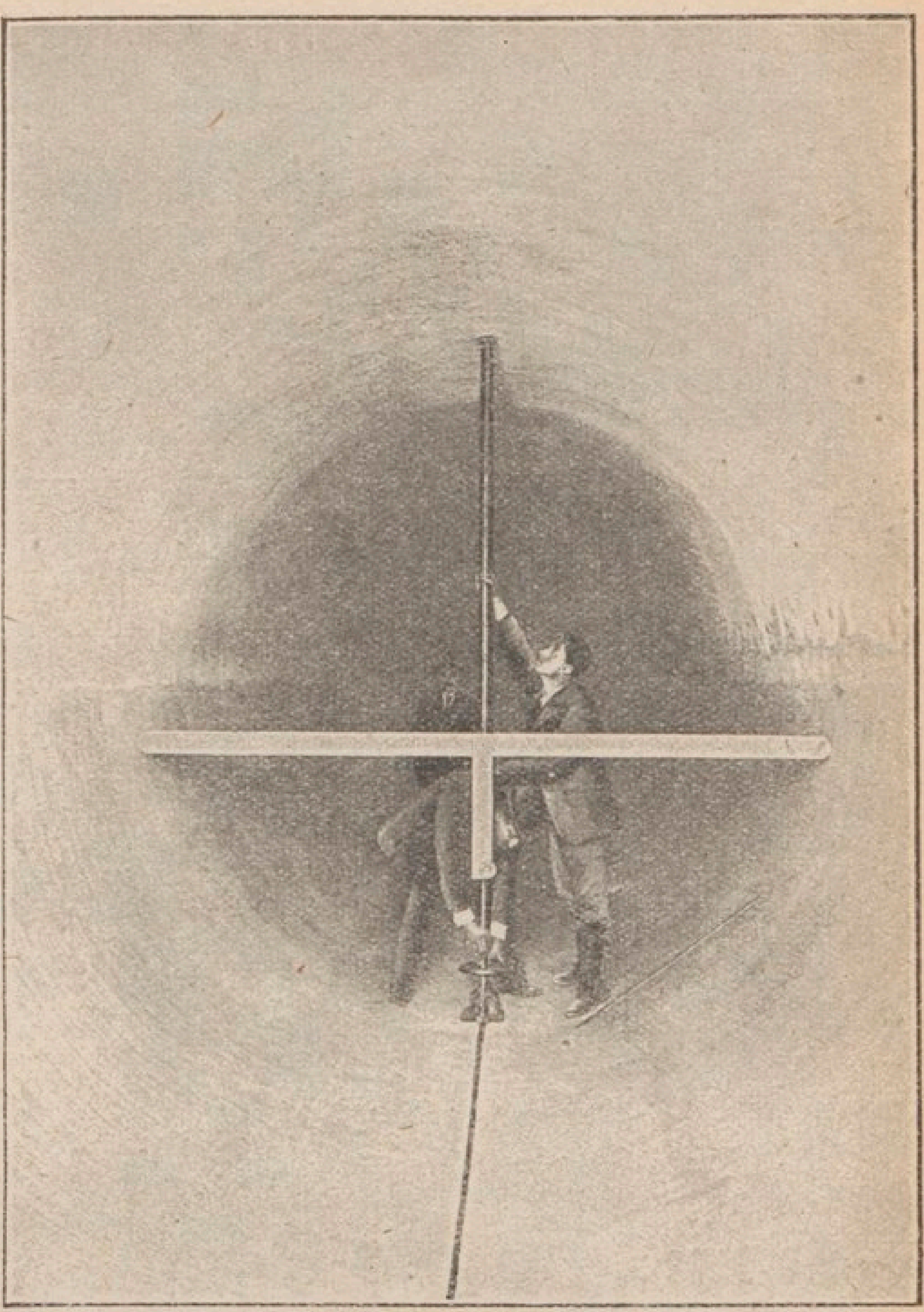
Pour se mettre à l'abri des causes d'erreur individuelle dans la mesure du temps, Regnault remplaçait l'observation directe par un enregistrement électrique. Un fil tendu devant la bouche du canon faisait partie d'un circuit contenant une pile et un électro-aimant dont le contact portait un style inscripteur. Celui-ci appuyait constamment sur une bande de papier qui se déroulait uniformément et sur laquelle s'enregistraient les battements d'un pendule. A l'instant de la détonation, le fil se rompait, et le style se déplaçait verticalement d'une faible quantité. La position de la trace discontinue indiquait le moment de l'explosion à une petite fraction de seconde près. Enfin, l'organe sensible qui permettait l'enregistrement de l'onde sonore à l'arrivée se composait d'une membrane de caoutchouc tendue, arrangée de manière à interrompre ou rétablir le circuit électrique dès qu'elle s'écartait un peu de sa position d'équilibre.

Regnault exécuta ses expériences d'abord à l'air libre, ensuite dans des tuyaux. Dans les premières, réalisées au polygone de

qu'une couche d'air présente, lorsqu'on étudie la propagation du son sur une étendue de terrain considérable, Regnault voulut opérer dans de longs tuyaux. Il n'avait pas, d'ailleurs, d'autres moyens à prendre pour déterminer la vitesse du son dans les gaz purs et pour comparer, comme il l'a fait, l'acide carbonique et l'hydrogène à l'air. L'administration de la Ville de Paris s'empressa de lui offrir les canalisations de la Marne, de la Dhuys et celles du gaz d'éclairage, ayant jusqu'à 5.000 mètres de longueur et représentant, avec les réflexions qu'il faisait subir à l'onde sonore, des parcours de 20.000 mètres. Jamais des expériences de cet ordre n'avaient été tentées.

En même temps, la bienveillance particulière dont Napoléon III entourait Regnault lui permettait d'accomplir sur le plateau de Satory une série d'épreuves, la plus belle et la

Satory, ainsi que nous l'avons dit précédemment, le savant se proposait de mesurer avec exactitude la distance parcourue par le son, en déterminant la température et l'état hygrométrique de l'air. Il se préoccupait surtout d'éliminer l'action perturbatrice résultant de l'agitation de l'atmosphère. Une membrane soigneusement protégée contre les courants d'air recueillait donc l'onde produite par la décharge d'une pièce de canon. Un chaînage direct permettait d'évaluer la distance (environ 5 km. 500) à 0 m. 75 près. Mais, vu l'impossibilité de fixer les valeurs de la température et de l'état hygrométrique sur une aussi grande étendue, le sagace expérimentateur se bornait à prendre la moyenne des indications fournies par les appareils placés aux deux extrémités de la ligne parcourue. Un système d'observations alternées corrigeait, faute de mieux, l'effet de la vitesse du vent. Pour cela, deux pièces de canon, mises en batterie aux deux bouts du polygone, tiraient alternativement à une minute d'intervalle et deux appareils récepteurs distincts recueillaient les ondes correspondantes. La moyenne de 167 couples de déterminations fournit 339 m. 7 par seconde.



AUTRE VUE PRISE DANS LA CONDUITE D'ARGENTEUIL

Des hommes procèdent à la détermination exacte de la longueur de la conduite au moyen d'un ruban d'acier disposé dans l'axe.

Dans la deuxième série d'expériences, faites au moyen de tuyaux, les mesures semblaient *a priori* sujettes à bien moins de causes d'erreur qu'à l'air libre. Toutefois, l'observation démontra que le frottement des parois provoque une décroissance très rapide de l'intensité et altère la valeur de la vitesse. Regnault expérimenta avec divers tuyaux. Il enregistrait l'impulsion communiquée à une membrane fixée à une des extrémités de la conduite par le son direct ou réfléchi une ou plusieurs fois sur les parois extrêmes, et il constata que le son diminue avec le diamètre des tuyaux et l'intensité de la vibration. Ainsi, tandis que, dans une conduite de 0 m. 054 de rayon et de 4.055 m. 85 de longueur, le son parcourt en moyenne 326 m. 77 par seconde ; dans un tube de 0 m. 55 de rayon et de 5.671 m. 8 de longueur, il arrive dans le même temps à 331 m. 24.

Quant à l'appareil enregistreur, disposé près de la station de départ, il se composait essentiellement d'un cylindre tournant sur lequel s'enroulait une longue bande de papier noirci recevant au passage les marques de trois styles inscrivant : le premier les oscillations d'un pendule à secondes, le deuxième, les vibrations d'un diapason et le troisième les interruptions ainsi que les rétablissements du courant de la pile.

Cela posé, pour exécuter une mesure, on mettait en mouvement l'appareil enregistreur et l'on pressait sur la détente. La bourre en brisant le fil métallique tendu au-devant du canon, interrompait le courant et une inscription se produisait sur la bande enduite de noir de fumée de l'enregistreur ; puis, l'onde formée poursuivait son chemin, arrivait à l'extrémité du tuyau, poussait la membrane de caoutchouc munie d'un disque de platine dont le contact avec une pointe

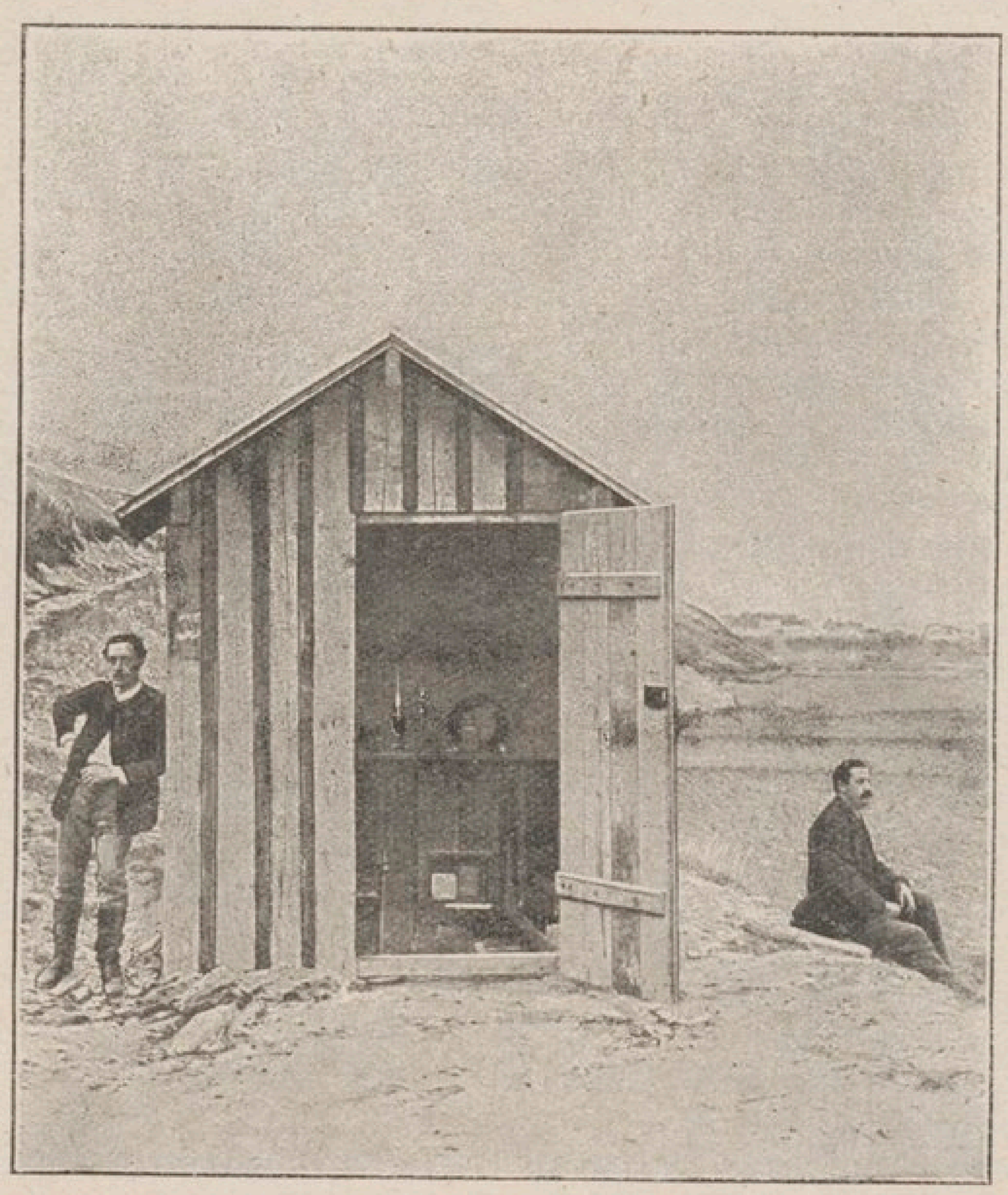
mousse rétablissait le courant et le papier enfumé conservait la trace de l'instant précis du rétablissement. Pour obtenir le nombre de secondes mis par l'onde pour parcourir le tuyau, il suffisait alors de compter, sur la bande de papier, les vibrations du diapason.

Mais, une fois l'onde parvenue à l'extrémité du tuyau, elle s'y réfléchissait, revenait en arrière, subissait à l'autre bout du tube une nouvelle réflexion, et ainsi de suite. De la sorte, Regnault put suivre la propagation des ondes sur un très long parcours. Il varia, d'ailleurs, les modes de production des sons, soit en modifiant la charge des armes, soit en utilisant des instruments musicaux ou la voix humaine, soit en faisant détoner un mélange spécial d'hydrogène et d'oxygène.

Les principaux résultats acquis par le célèbre physicien peuvent se formuler de la façon suivante :

Dans un tuyau cylindrique, l'intensité de l'onde s'affaiblit avec la distance et d'autant plus rapidement que cette conduite est plus étroite et sa paroi intérieure moins polie. L'homme cesse effectivement d'entendre un coup de pistolet chargé à 1 gramme de poudre après 9.540 mètres, quand il est tiré dans un tube de 0 m. 55 de rayon.

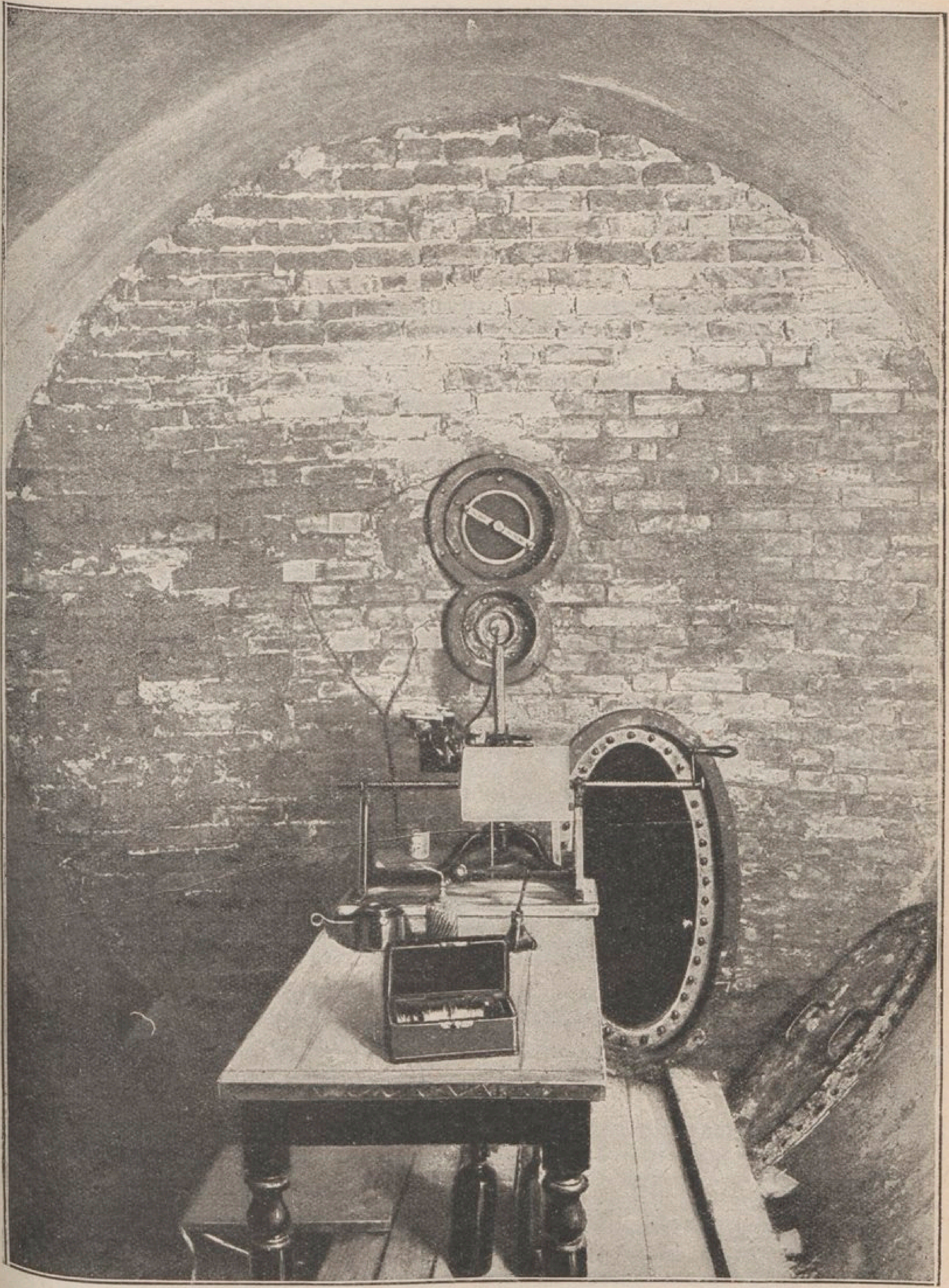
En second lieu, il observa que le mode de production de l'onde sonore ne semble pas avoir d'influence sur la vitesse de propagation, mais que, en parcourant de grandes longueurs de tuyaux, le son ne conserve pas son timbre. Enfin, une fois les corrections effectuées, Regnault trouva 330 m. 6 pour la vitesse de propagation dans l'air sec à 0°, chiffre presque identique à celui obtenu pour la propagation dans l'air libre.



STATION INTERMÉDIAIRE INSTALLÉE POUR LES EXPÉRIENCES DE MM. VIOLLE ET VAUTIER

Située à égale distance d'Argenteuil et de Cormeilles, cette station permettait l'observation de l'onde sonore.

En réalité, toutefois, les difficultés de cet ardu problème n'étaient pas complètement surmontées malgré l'habileté consommée d'un tel observateur. Regnault croyait, par exemple, la vitesse des sons aigus sensiblement moindre que celle des sons graves, tandis que Kundt et Leebeck affirmaient le contraire. D'autre part, il ignorait encore si l'onde conservait sa forme durant toute sa propagation dans l'air et quelle était l'acuité du son à l'arrivée, par rapport à celle du point de départ. Ces questions sollicitèrent donc à nouveau l'attention de deux physiciens : MM. Violle, membre de l'Institut de France, et Vautier, professeur à la Faculté des Sciences de Lyon, qui reprirent à Grenoble, en 1885, les travaux que la mort avait empêché Regnault de poursuivre. Ils opéraient dans un tube en *U*, de 0 m. 70 de diamètre intérieur et de 13 kilomètres environ de longueur, et ils se proposaient d'agir avec la plus rigoureuse précision. Ils laissèrent à M. Récopé, inspecteur des Forêts, le soin d'évaluer les longueurs de ces conduites parallèles, à l'aide d'un ruban d'acier se terminant de chaque côté par une poignée saisie dans une glissière mobile sur un plateau fixé lui-même au sol par de gros pieux en fer. Un fil télégraphique reliait les deux stations. L'une des extrémités du tuyau était fermée par une cloison percée en son milieu d'une ouverture par laquelle pénétrait le son, et, à la seconde extrémité, le



MUR TERMINUS EN BRIQUES ÉTABLI DANS LA CONDUITE D'ARGENTEUIL

Ce mur était percé des ouvertures nécessaires pour recevoir les instruments enregistreurs et d'un « trou d'homme » permettant de pénétrer à l'intérieur de la conduite. On aperçoit, à droite, le couvercle d'obturation du passage en question. Le tuyau a trois mètres de diamètre environ, et les expérimentateurs en utilisèrent une portion de trois kilomètres de longueur, avec l'autorisation spéciale de M. Bechmann, ingénieur en chef du service des Eaux de la Ville de Paris. Cette conduite est celle que la municipalité parisienne a fait construire entre Clichy et Achères pour l'adduction des eaux d'égout.

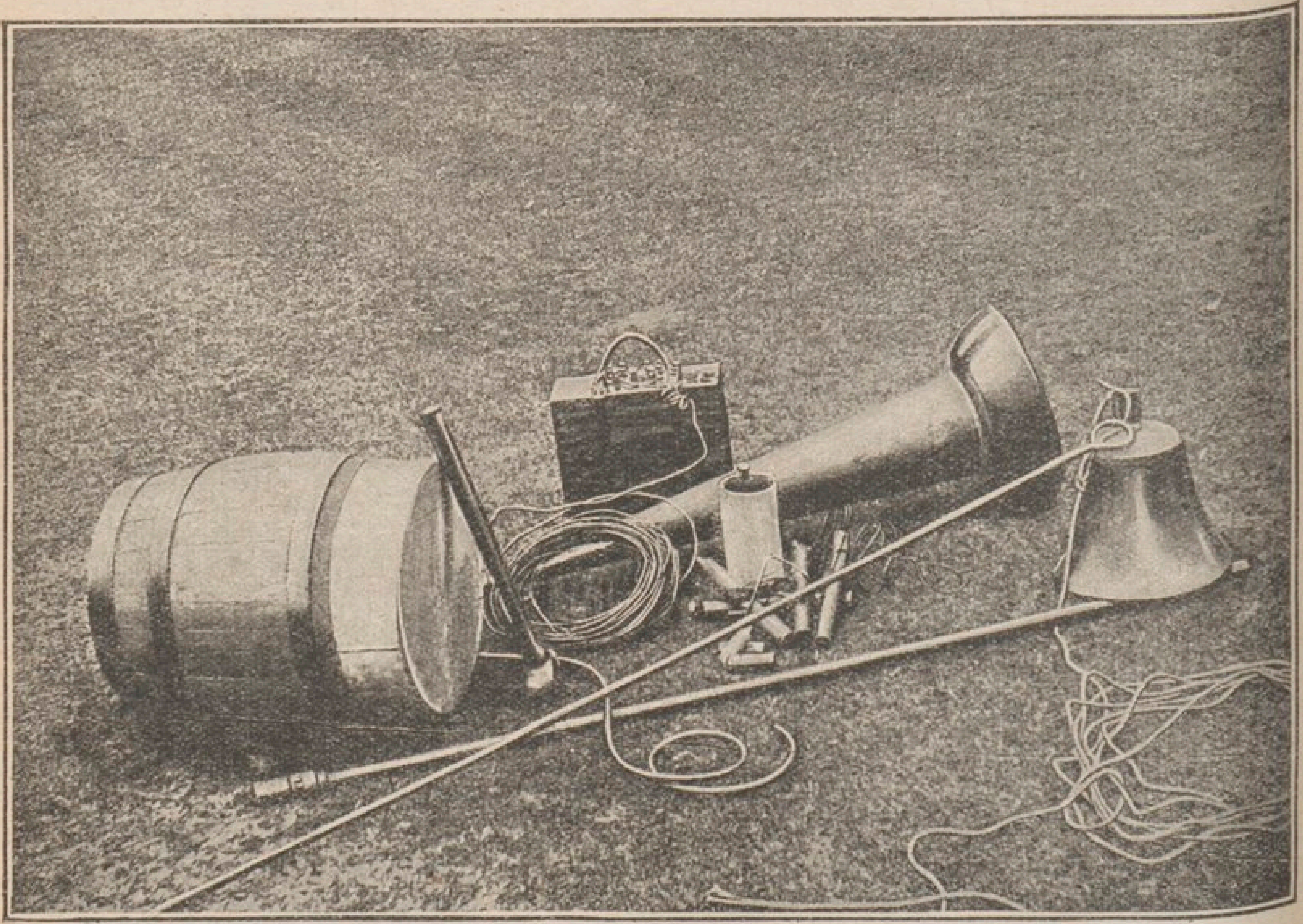
mur portait également, en son centre, une membrane de caoutchouc tendue. Après le départ de l'onde sonore, on installait de même, à la première station, une membrane pour recevoir les vibrations à leur retour. Comme récepteur, on se servait du tambour à levier de Marey, qui inscrit, sur un cylindre enduit de noir de fumée, les variations de pression qui l'affectent, dispositif qui permettait d'étudier la forme de l'onde. Mais, afin de déterminer la hauteur du son et l'influence de cette hauteur sur le temps mis par le son à revenir après avoir subi une ou plusieurs réflexions, on avait simplement recours à l'observation auriculaire.

L'inscription graphique d'un coup de pistolet fournit les conclusions suivantes :

Quelle que soit la nature de l'ébranlement initial, l'onde sonore tend, par le fait même de sa propagation, vers une forme déterminée qu'elle conserve indéfiniment. Cette forme, une fois atteinte, les différentes parties de l'onde se meuvent avec une vitesse uniforme qu'on doit considérer comme la vitesse normale de propagation du son. Quant à l'intensité des sons musicaux (dans les limites entre lesquelles elle varie habituellement), pas plus que leur hauteur, elles sont sans influence appréciable sur leur propagation. Cette dernière vitesse atteint très vite sa valeur normale et, dans l'air libre sec et à 0°, dépasse peu 331 mètres par seconde.

Plus récemment, MM. Violle et Vautier jugèrent à propos de recommencer leurs observations à Argenteuil, dans la conduite que la Ville de Paris a construite entre Clichy et Achères pour l'adduction des eaux d'égout, et que M. Bechmann avait mise à leur disposition. Nous allons résumer les particularités de ces remarquables expériences.

La portion de tuyau qu'utilisèrent les expérimentateurs mesurait 3 kilomètres de longueur et 3 mètres de diamètre environ. A chaque extrémité, la conduite se trouvait fermée par un mur en briques percé des ouvertures nécessaires pour recevoir les instruments enregistreurs et d'un trou d'homme permettant de pénétrer à l'intérieur. On émettait des sons au moyen d'une flûte, d'un d'une contre-basse, d'un violoncelle,



INSTRUMENTS DIVERS UTILISÉS PAR M. BACON DANS SES EXPÉRIENCES RELATIVES A LA PROPAGATION DU SON DANS L'EAU

Ces instruments sont un cornet acoustique, une cloche-signal, un marteau, un microphone de construction spéciale, des fils électriques et divers autres menus accessoires.

piston, d'une cloche, d'un sifflet. Le chef de musique de la garde républicaine, qui était alors M. Parès, et plusieurs artistes connus prêtèrent leur concours aux savants.

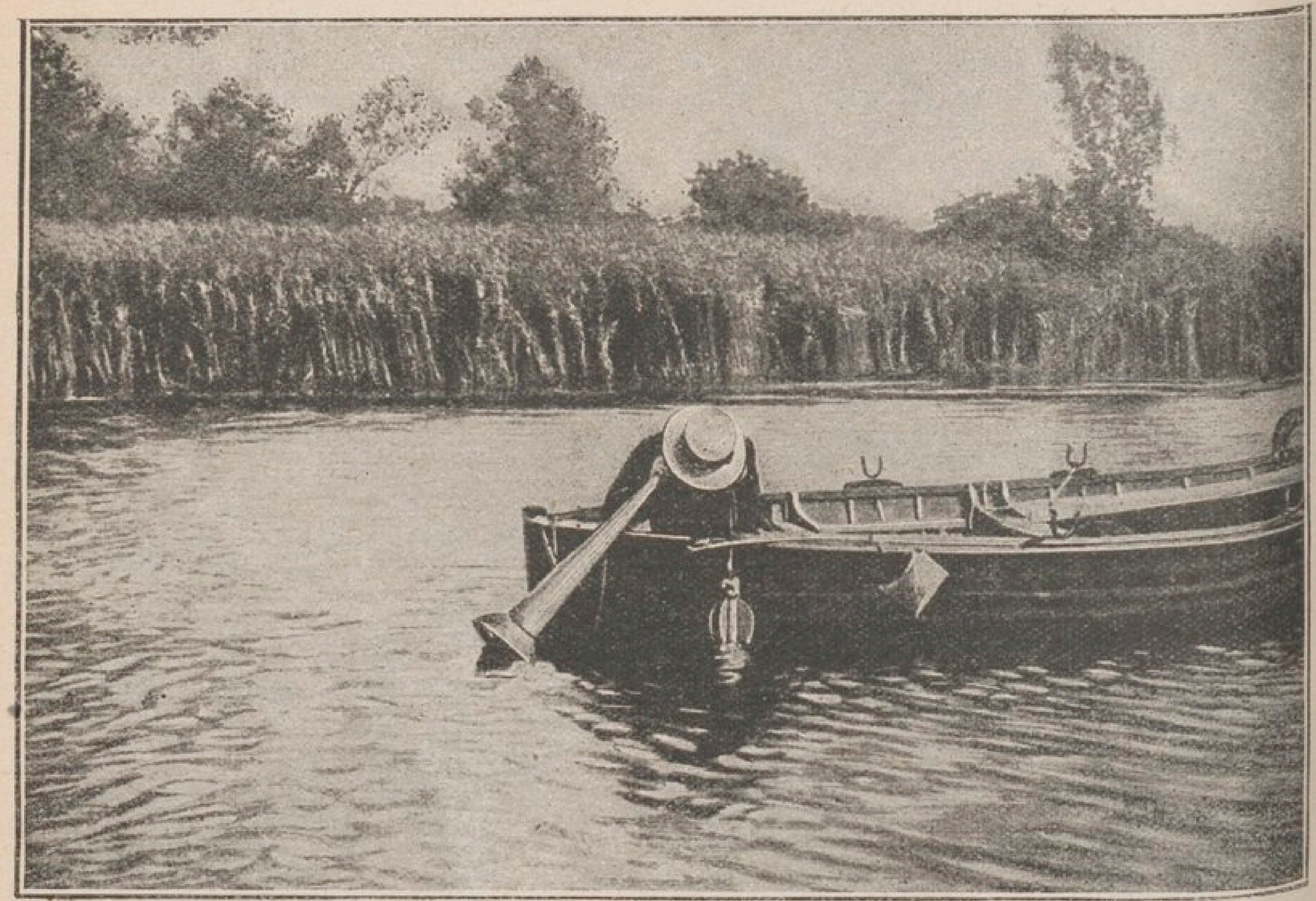
Chose singulière, contrairement à ce qu'ils avaient constaté à Grenoble, MM. Violle et Vautier observèrent la conservation des qualités acoustiques du son à de grandes distances. Alors que dans la conduite de Grenoble — sans jeu de mots naturellement — un son musical intense ne s'entendait rieure ; dans le cas présent, la note est émise par la grande flûte d'orgue de trente-deux pieds établie à gauche du baraquement. Elle s'enfuit vers Cormeilles, se réfléchit, revient à la station de départ d'où l'on perçoit d'abord le son fondamental et un certain nombre d'harmoniques se succédant à des intervalles courts mais distincts, de l'harmonique le plus élevé à l'harmonique le plus grave. Ces sons, réfléchis, repartent effectuer le même parcours, mais les harmoniques

AVANT D'IMMERGER LA CLOCHE, M. BACON LA FRAPPAIT AVEC LE MARTEAU POUR PRODUIRE DES ONDES SONORES D'UNE CERTAINE INTENSITÉ

Ces ondes étaient transmises par l'eau à la station d'arrivée où un aide-opérateur les recueillait au moyen d'un pavillon spécial (Voir la figure de la page suivante).

guère à l'oreille au delà de 6 kilomètres et que la membrane l'enregistrait encore au bout d'un parcours de 25 kilomètres après réflexion, au contraire, à Argenteuil, le même son, presque immédiatement insensible comme poussée, continuait à s'entendre avec une grande netteté après sept réflexions et un trajet de plus de 23 kilomètres.

Ils observèrent, en outre, un autre phénomène curieux : la séparation du son fondamental et de ses harmoniques par suite de la propagation. En d'autres termes, supposons un son parti de la station d'Argenteuil, dont on a vu à la page 482 une représentation inté-s'éteignent en route et le son fondamental revient seul à Argenteuil où on l'entendra encore, après une ou deux nouvelles courses, de plus en plus affaibli. L'influence de l'instrument se manifeste également de façon très nette. Ainsi les sons voilés des flûtes de grand orgue reviennent seuls, tandis que les notes bien timbrées du violoncelle arrivent avec un puissant cortège d'harmoniques. Si l'on s'inquiète seulement des sons fondamentaux émis, on trouve qu'ils présentent des différences considérables, eu égard à la longueur du trajet au bout duquel ils cessent d'être perceptibles à l'oreille. Une grande



LE PAVILLON IMAGINÉ PAR M. BACON POUR RECUEILLIR LES ONDES SONORES

C'est, en somme, une sorte de cornet acoustique qui permettait à l'aide-opérateur de saisir au passage et de localiser les vibrations propagées par l'élément liquide.

flûte de seize pieds donne quatre retours ; les flûtes de huit pieds n'en fournissent plus que trois dans leurs notes basses et deux dans leurs notes élevées. Avec les trompettes et les pistons, on constate seulement un retour de *sol* à *mi* et rien au delà. Les notes élevées de la petite flûte deviennent rapidement mauvaises ; après 3.000 ou 1.800 mètres, suivant la note, l'oreille ne perçoit plus qu'un bruit sans caractère musical qui s'éteint lui-même 200 mètres plus loin.

Le son le plus grave étudié par MM. Violle et Vautier portait à 23 kilomètres avec sept réflexions, et le plus aigu seulement à 1.800 mètres sans réflexion. L'altération du timbre précède d'ailleurs l'extinction du son ; quant à une différence dans les vitesses de propagation, l'oreille seule est impuissante à en constater aucune, bien que vraisemblablement les sons aigus aillent un peu plus vite que les sons graves. En définitive, le son se propage avec la même vitesse dans l'air libre et dans les tuyaux, souterrains ou en surface.

Les choses se passent exactement comme pour les ondes liquides que l'on voit s'organiser régulièrement, se propager, puis se disperser et donner lieu à une mousse qui précède la vague. La dislocation apparaît d'autant plus rapide que la période est plus courte et l'intensité plus grande. Quelqu'un ignore-t-il, en effet, qu'une voix de basse modérée constitue le meilleur instrument de la parole, et que le chuchotement s'entend fort loin, au grand dam de certaines personnes indiscrètes ! La comparaison classique des ondes sonores aériennes avec les rides circulaires provoquées à la surface de l'eau par la pierre qu'on y lance est correcte et beaucoup plus saisissante même que les physiciens ne le supposaient de prime abord.

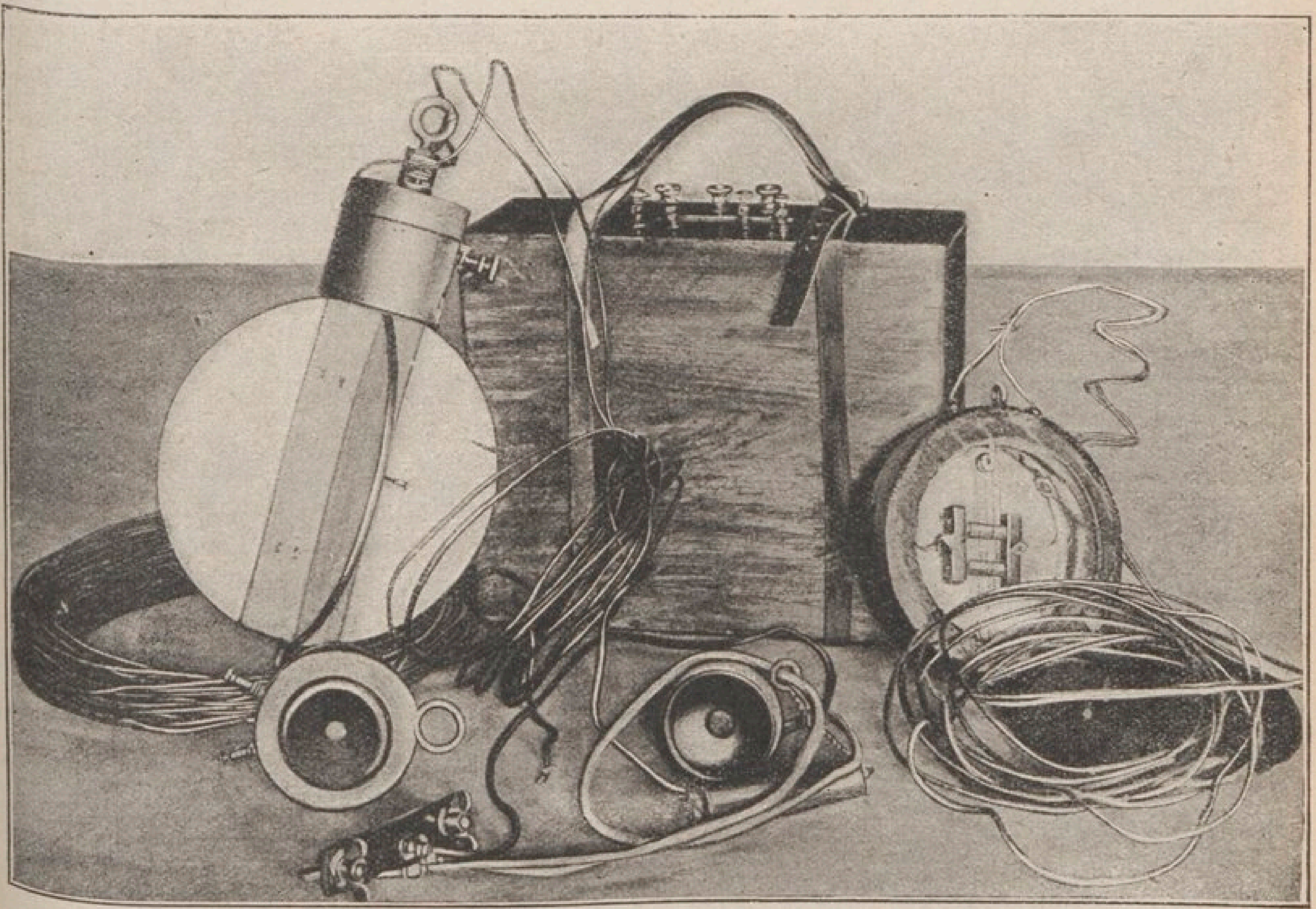
De son côté, vers 1905, l'aéronaute anglais, John H. Bacon — marchant sur les traces des savants suisses Colladon et Sturm, qui avaient exécuté d'intéressantes expériences sur la propagation des ondes sonores au sein d'une masse liquide — poursuivit de multiples essais sur les côtes du comté de Norfolk dans le but pratique de perfectionner les systèmes de communication avec les navires en détresse, par temps brumeux, à proximité des phares et des sémaphores.

D'abord, les signaux d'alarme en usage sont capricieux et trompeurs durant les brouillards épais. Ainsi, un ingénieur de Dundee rapporte, dans un mémoire, qu'étant en mer sur un yacht, il n'entendit pas la

sirène à un demi-mille, tandis qu'il la perçut très nettement à une distance de 4 milles. Autre point important : l'extinction d'un signal sonore peut provenir parfois d'un tumulte concomitant que les marins anglais surnomment le « *midsummer hum* » et dû, selon l'opinion la plus répandue, aux bourdonnements combinés de myriades d'insectes, nombre infini de sons isolément imperceptibles transformés en murmure défini.

M. Bacon inventa un pavillon pour recueillir et localiser les ondes sonores. Grâce à cette sorte de cornet acoustique, il put entretenir une conversation avec un navire hors de portée de l'ouïe et toujours se rendre compte de la direction d'un son dans l'obscurité. Il découvrit, en outre, l'existence de *zones de silence* que les ondes sonores contournent sans y pénétrer — phénomène qu'artilleurs et physiciens observèrent maintes fois au cours des furieuses canonnades de la grande guerre européenne. Il chercha également si, dans l'eau, les vibrations acoustiques se transmettent de façon plus régulière ou tout au moins indépendante des variations atmosphériques. Il se servit pour cela d'une cloche de dimensions assez restreintes qu'il allait immerger à quelques mètres au-dessous de la surface, tandis qu'à distance, sur une autre barque, se tenait un second observateur qui recevait les ondes sonores au moyen d'un microphone relié à son oreille et maintenu sous la ligne de flottaison. On aperçoit l'instrument et ses accessoires (pile, cloche, microphones, flotteurs et fils isolants) sur deux de nos gravures. Grâce au cornet acoustique, on pouvait accroître d'un demi-mille environ la portée des vibrations de la cloche, mais au delà, les rides de la surface liquide, qui venaient se briser contre l'embarcation, gênaient la perception du son. Au contraire, avec un microphone, le bourdonnement de la cloche devenait assourdissant et quelque peu fantastique. On aurait dit qu'une sombre tragédie s'accomplissait dans les profondeurs de l'océan !

De simples calculs, basés sur les observations de M. Bacon, montrèrent qu'on peut entendre d'un navire, au moyen d'un microphone immergé sous la quille, le son d'une cloche fortement ébranlée beaucoup plus loin que celui de la sirène d'un phare transmis par l'atmosphère. En outre, une simple, sinon nouvelle expérience, prouva au savant anglais que les notes émises se distinguent aisément, car, lorsqu'on plonge une cloche



LE MICROPHONE UTILISÉ PAR M. BACON, ET SES DIVERS ACCESSOIRES

On distingue, à gauche, le flotteur, à droite, le microphone proprement dit; au centre, la boîte renfermant la pile; en avant, les récepteurs pour l'audition des sons.

dans l'eau, sa cavité retient de l'air qui vibre et donne une note parfaitement définie, tandis qu'une fois l'air expulsé, la note baisse d'un ton entier et un observateur tant soit peu exercé distingue aisément cette différence de hauteur. On utilisera donc avantageusement cette remarque pour identifier sûrement chaque signal de brume tout comme, par temps clair, les éclats ou la couleur différencient les lumières des phares.

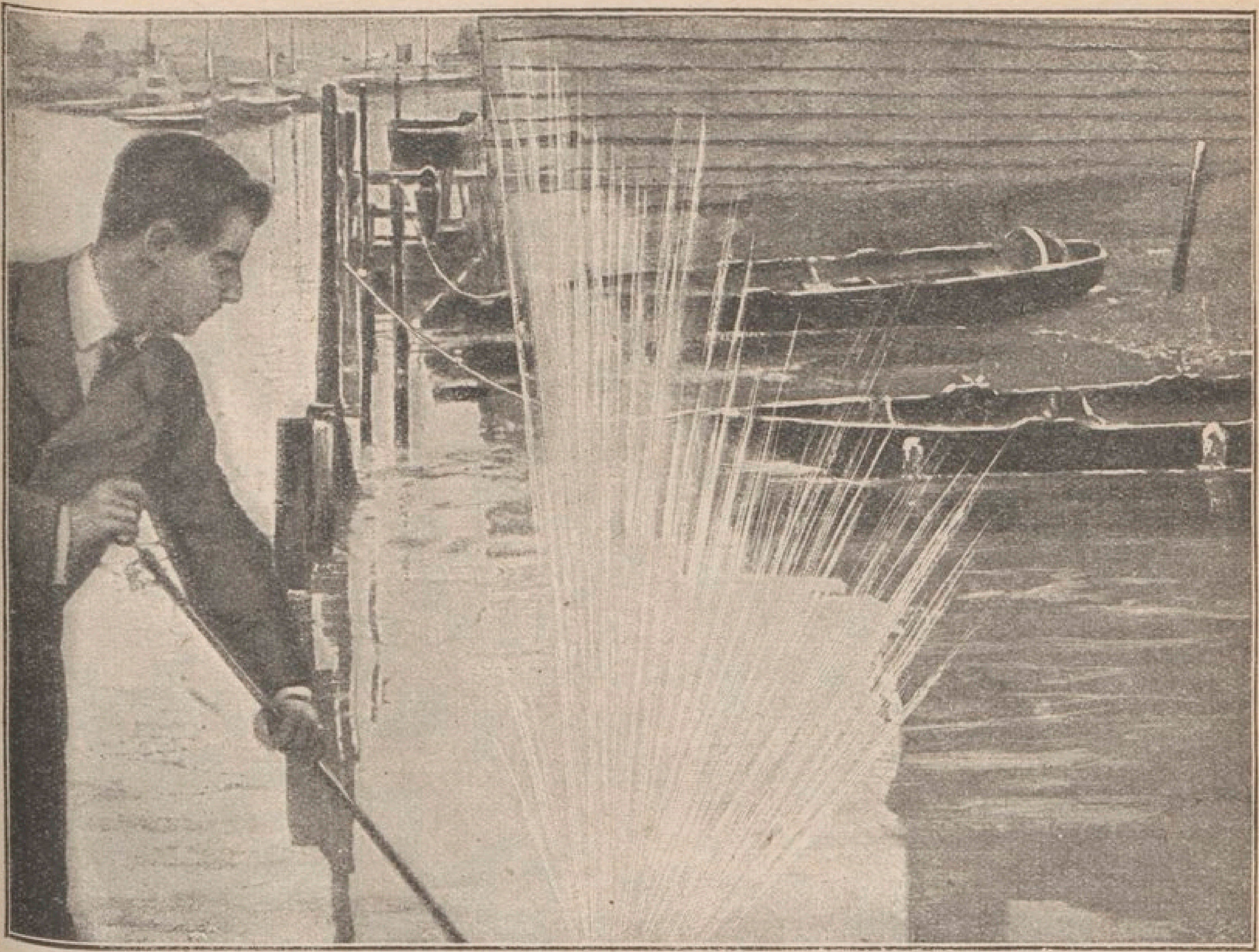
M. Bacon entreprit une autre série d'essais sur des charges de coton-poudre tirées sous l'eau, afin de représenter des signaux de détresse. Les impulsions produites se communiquaient très loin dans toutes les directions. La charge de deux onces seulement agitait le fond d'un canot très éloigné comme si on l'avait frappé avec un marteau. Après l'expérience, on compta même vingt-deux gardons qui flottaient inertes à la surface. Ce n'était sans doute pas une façon très licite de pêcher, mais le but scientifique poursuivi justifia, aux yeux des autorités de Norfolk, cette hécatombe piscicole involontaire. Et l'on n'inquiéta pas le délinquant !

S'autorisant de ces constatations et de diverses autres de même nature faites par Elisha Gray, l'Amérique, toujours pratique, chercha à en tirer parti. Aussi le port de Boston a-t-il installé, peu de temps avant la guerre, un nouveau système de signaux sous-marins qui consiste en une cloche immergée près de terre et dont on met électriquement le battant en vibration. Les ondes sonores ainsi produites se propagent dans l'eau à une assez grande distance et permettent d'établir des communications rendant les plus grands services entre la côte et les bateaux qui entrent ou sortent de la rade.

Cette cloche sous-marine porte à 22 kilomètres environ, mais on compte augmenter notablement sa portée. On l'a installée dans une cabane élevée près d'un phare et qui abrite l'appareil électrique. En mer, à une centaine de mètres, on mouille la cloche pesant 500 kilos, par 12 à 15 mètres de profondeur, et une légère pression sur un bouton suffit pour que le battant entre en action. Les vibrations peuvent être courtes ou prolongées, de manière à reproduire les signaux semblables à ceux usités dans l'alphabet Morse, et elles sont tellement puissantes,

L'AUDITION DES ONDES SONORES AU MOYEN DU MICROPHONE

Grâce à cette installation, les sons émis par la cloche sont perçus à la station d'arrivée avec une telle intensité qu'on dirait les rugissements d'un fauve.



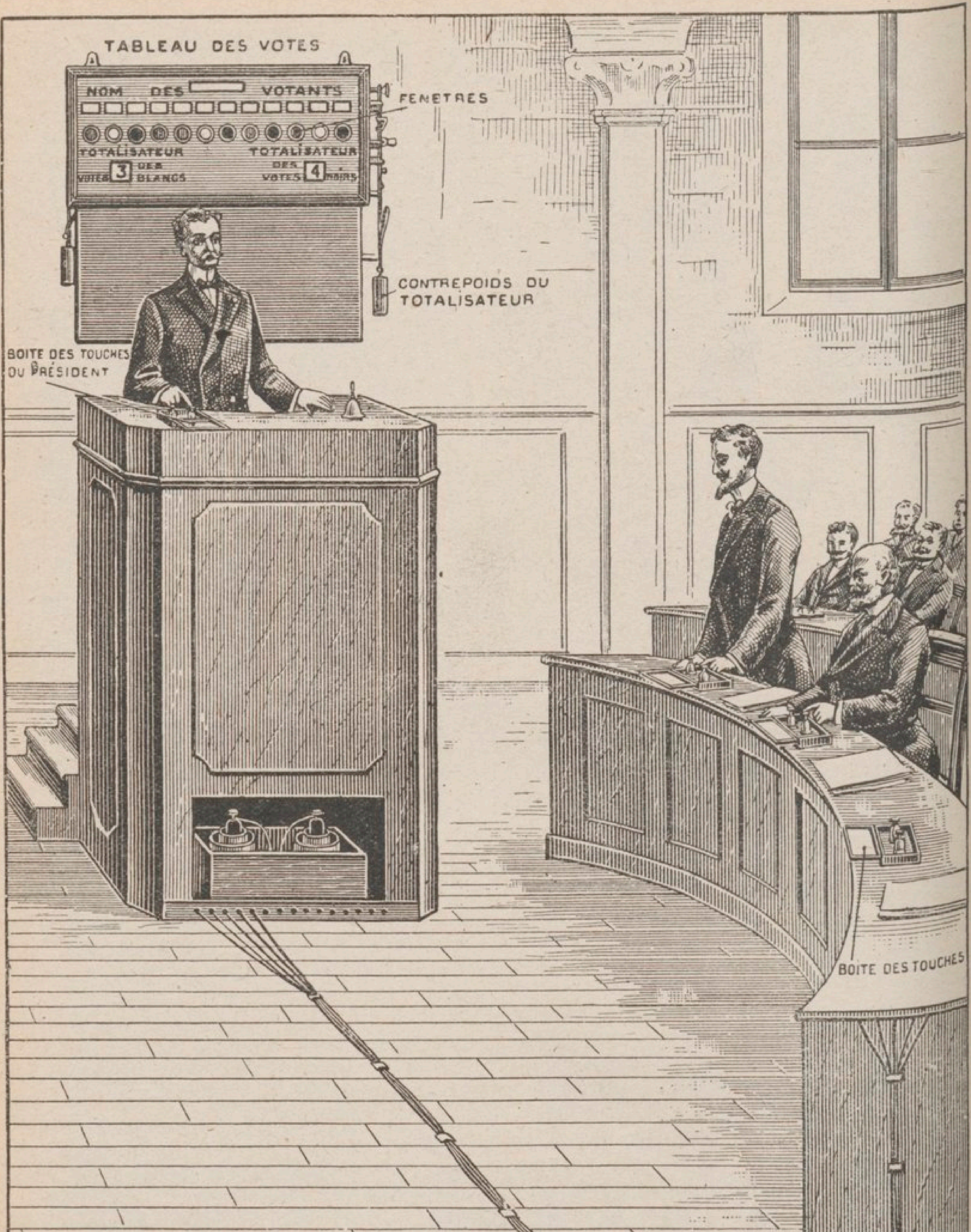
TIRAGE D'UNE CHARGE DE COTON-POUDRE COMME SIGNAL DE DÉTRESSE

Ces expériences, faites également par M. Bacon, permirent de constater que les impulsions se communiquaient très loin, dans toutes les directions.

qu'un homme dans un canot les perçoit à plus de 9 kilomètres. Les transatlantiques et les sous-marins les recueillent même à plus de 22 kilomètres, soit au moyen d'un cornet acoustique, soit en faisant usage de disques métalliques fixés au flanc du navire et susceptibles de vibrer sous l'action de la cloche. On traduit les messages recueillis comme un télégramme ordinaire expédié suivant les conventions télégraphiques. Des chaînes d'ancrage maintiennent l'ensemble à la profondeur voulue, et un flotteur indique le point d'immersion de la bouée.

Enfin, tout récemment, M. le professeur Esclangon a exécuté de nouvelles déterminations de la vitesse du son à l'air libre, sa connaissance très exacte ayant pris une grande importance au cours de la guerre européenne, par suite de l'application de la méthode de repérage acoustique dans les postes de D.C.A. (Défense contre avions). Le savant physicien poursuivit ses expériences au polygone de Gavres, près de Lorient, de juin 1917 à mars 1918, par tous les temps, même par les plus grands vents et avec des calibres de canons les plus divers. Avec l'aide d'un collaborateur, M. Foex, il enregistrait les ondes au moyen de récepteurs électro-acoustiques installés en deux postes situés, le premier à 1.400 mètres de la batterie, le second à 14.000 mètres, dans le même alignement. Les expérimentateurs, qui évaluaient les distances à quelques décimètres près, les temps avec une approximation voisine de 1/500e de seconde et le vent à l'aide de ballons-sondes, tirèrent trente séries de coups de canon dont la moyenne générale leur donna pour la vitesse du son ramenée à 15° (air sec) le chiffre de 339 m. 9 à la seconde, légèrement supérieur à celui trouvé par Regnault. Les calibres des pièces ne semblent jouer aucun rôle dans la propagation des ondes sonores, la température entre 0 et 20° les influence faiblement, mais, comme les méthodes employées jusqu'ici ne fournissent qu'une connaissance imparfaite du vent, on ne saurait, à l'heure actuelle, déterminer la vitesse du son à l'air libre, d'une manière plus précise.

JACQUES BOYER.



DESSIN D'ENSEMBLE DE L'INSTALLATION DE M. MARTIN POUR LE VOTE ÉLECTRIQUE

Le tableau enregistrant les votes est suspendu au mur, derrière le président. Les touches pour voter se trouvent dans des boîtes fermant à clef placées devant les votants ; la touche pour totaliser les votes à la fin du scrutin est sur le bureau du président qui, seul, peut actionner le mécanisme de totalisation.

LES SCRUTINS SONT RAPIDES ET SURS AVEC LES MACHINES A VOTER

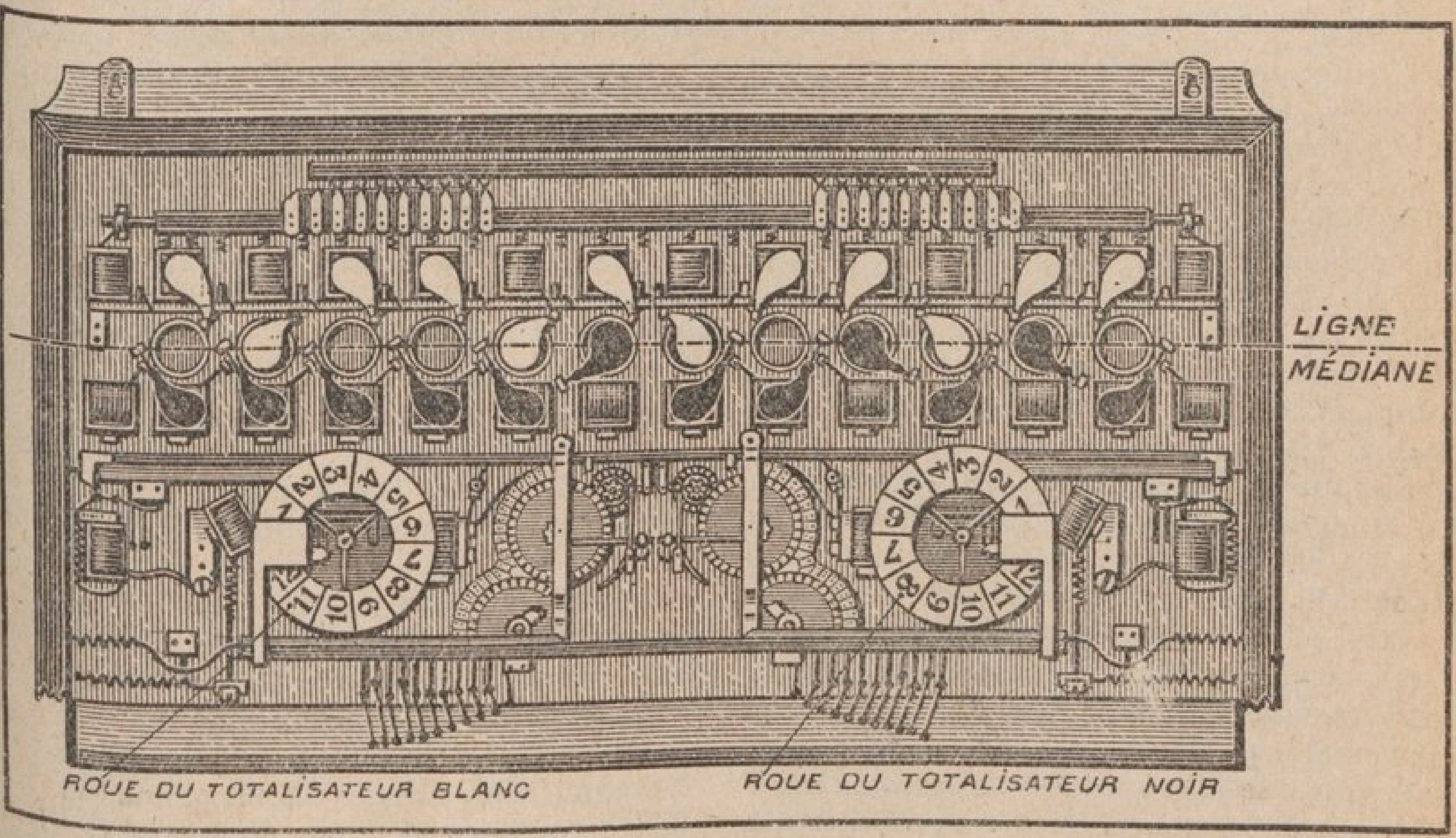
Par Georges VALLANDRAL

On sait combien longues et fastidieuses sont les opérations de vote, par les procédés ordinaires, dans les assemblées délibérantes, lorsque celles-ci se composent d'un assez grand nombre de personnes, comme les Chambres des députés ou de représentants, les Sénats, etc.; les urnes, portées par les huissiers, circulent pendant de longs quarts d'heure parmi les votants, en faisant perdre à ceux-ci un temps précieux qui pourrait être plus utilement employé. Le dépouillement du scrutin, ou comptage des boules ou bulletins blancs et noirs, leur contrôle, leur pointage, lorsqu'il y a doute sur le résultat, demandent également un temps « qui n'en finit plus », comme disent les impatients.

Si le scrutin a lieu à la tribune, le défilé des votants, qui s'y rendent à tour de rôle, individuellement ou par groupes, n'en demande pas moins de temps, et une bonne partie des heures consacrées à la séance est perdue.

C'est pourquoi les inventeurs se sont efforcés, depuis longtemps, de trouver un système de votation simple et pratique, offrant nécessairement toute sécurité, une machine ou appareil un peu mieux en rapport avec les progrès modernes que l'urne antique, déjà en usage du temps des Grecs et des Romains, et même dans l'ancienne Egypte des Pharaons. Des essais ont déjà été faits, à diverses reprises, à la Chambre des députés de Paris, avec des succès divers, mais les résultats n'en furent pas concluants.

La machine à voter de M. Martin, ingénieur-électricien bien connu, vers la fin du siècle dernier, par ses nombreux travaux sur la lumière électrique, qui, d'ailleurs, lui coûtèrent la vue, est une des plus ingénieuses et des plus intéressantes, et c'est celle dont les essais motivèrent les plus grands éloges décernés à son inventeur. Elle fait appel, comme il fallait s'y attendre, à l'électricité

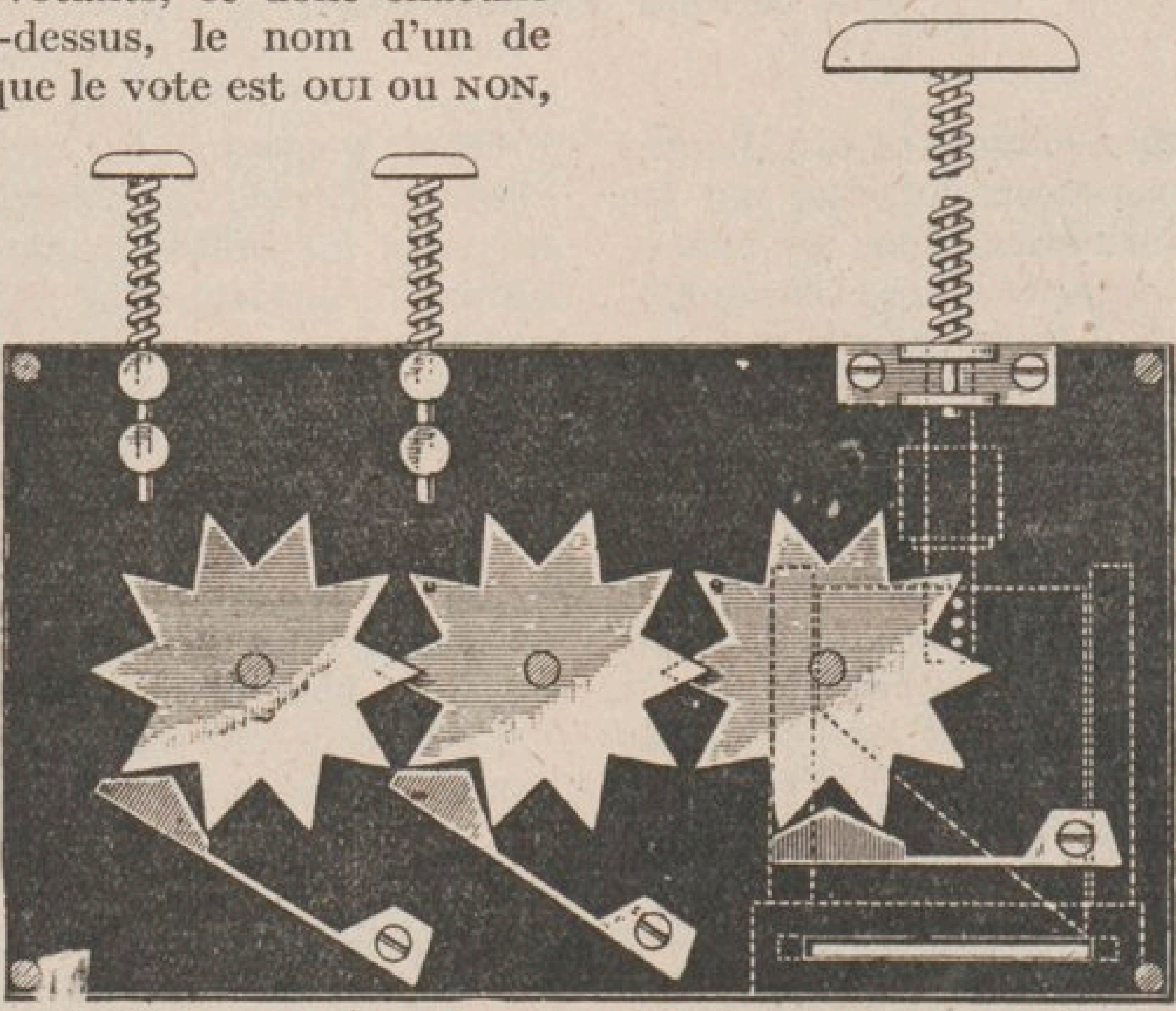


MÉCANISME INTÉRIEUR DU TABLEAU DE L'APPAREIL MARTIN (VUE ARRIÈRE)

On voit les électro-aimants actionnant les voyants-indicateurs blancs, qui s'abaissent, et ceux des indicateurs noirs, qui s'élèvent quand un vote est émis et qui apparaissent ainsi dans les fenêtres rondes. Les rouages font avancer, en proportion des votes blancs et noirs, les cadrans respectifs des totalisateurs.

comme agent de transmission des votes. Elle se compose d'un grand tableau fixé au mur de la salle des séances, généralement au-dessus de la tribune du président, ou dans tout autre endroit apparent. Ce tableau présente des fenêtres rondes (comme les tableaux d'appel bien connus des hôtels ou des administrations) dont le nombre est égal à celui des votants, et dont chacune porte, inscrit au-dessus, le nom d'un de ceux-ci. Suivant que le vote est OUI ou NON, blanc ou noir, un voyant-indicateur de l'une ou de l'autre couleur (toujours comme dans les tableaux d'hôtel mentionnés ci-dessus, mais ici sans sonnerie) apparaît dans la fenêtre. Pour la manœuvre, chaque votant a, sur son pupitre, une petite boîte, fermant à clé, dans laquelle se trouvent deux touches, une pour les votes positifs, une pour les votes négatifs. Chaque touche est reliée électriquement, au moyen de fils, à chacun des deux électro-aimants commandant les voyants-indicateurs de chaque fenêtre, la touche des votes positifs, au voyant blanc, et l'autre, au voyant noir. En appuyant sur ladite touche, on ferme le circuit, et l'armature de l'électro-aimant, attirant la palette du voyant-indicateur, fait pivoter celui-ci sur son axe de telle façon que la couleur (blanche ou noire) apparaît instantanément dans la fenêtre.

Comme le public et les autres votants peuvent voir quelle est la personne qui met le doigt sur les touches, un des avantages de cette machine serait d'empêcher, au moins dans une certaine mesure, les votes pour un absent, qui sont toujours si nombreux, malgré les prescriptions formelles du règlement.



COMPTEUR AUTOMATIQUE DE VOTES, MODÈLE IMAGINÉ PAR MM. ANDRIEU ET LAROCHE

Un coin de la carte de l'électeur est introduit dans la fente horizontale qui se voit en bas et à droite de l'appareil. En appuyant sur le bouton d'une tige placée au-dessus, une lame triangulaire (représentée en pointillé) s'abaisse et coupe ce coin. La tige, dans son mouvement vers le bas, fait avancer d'une dent la roue des unités du compteur, et un cadran (non représenté) enregistre cet avancement. Après dix votes, la roue des dizaines, actionnée par une goupille représentée par un point que l'on voit vers le haut et sur la gauche de la roue des unités, au bout d'une dent, avance également d'une dent, et il en est de même de la roue des centaines quand la roue des dizaines a fait un tour complet.

Dans le cas où un votant voudrait faire connaître qu'il s'abstient volontairement, il n'aurait qu'à mettre à la fois en action les deux touches, et l'on verrait apparaître, dans la petite fenêtre ronde du tableau, au-dessous de son nom, la moitié de chacun des deux voyants-indicateurs : la moitié du voyant blanc en haut, et la moitié du voyant noir en bas, se neutralisant.

Le dessin du mécanisme de la machine permet facilement de comprendre le jeu des électro-aimants qui agissent de telle manière que le voyant-indicateur blanc descend quand le circuit électrique passe dans son électro-aimant, et que le noir monte quand c'est l'électro de celui-ci qui est actionné. La ligne médiane, qui correspond aux petites fenêtres du tableau (que l'on suppose enlevé sur la figure pour montrer le mécanisme intérieur), se trouve exactement entre les deux rangées de voyants-indicateurs, coupant en deux, horizontalement, les petites fenêtres.

Dans le cas où l'on voudrait respecter le secret du vote, une combinaison fort simple permet de retirer les noms des votants (imprimés sur une bande de papier) placés au-dessus de chaque fenêtre. Personne, alors, ne sait plus où il vote. Bien entendu, la touche blanche donne toujours lieu à des votes blancs, et la noire à des votes noirs.

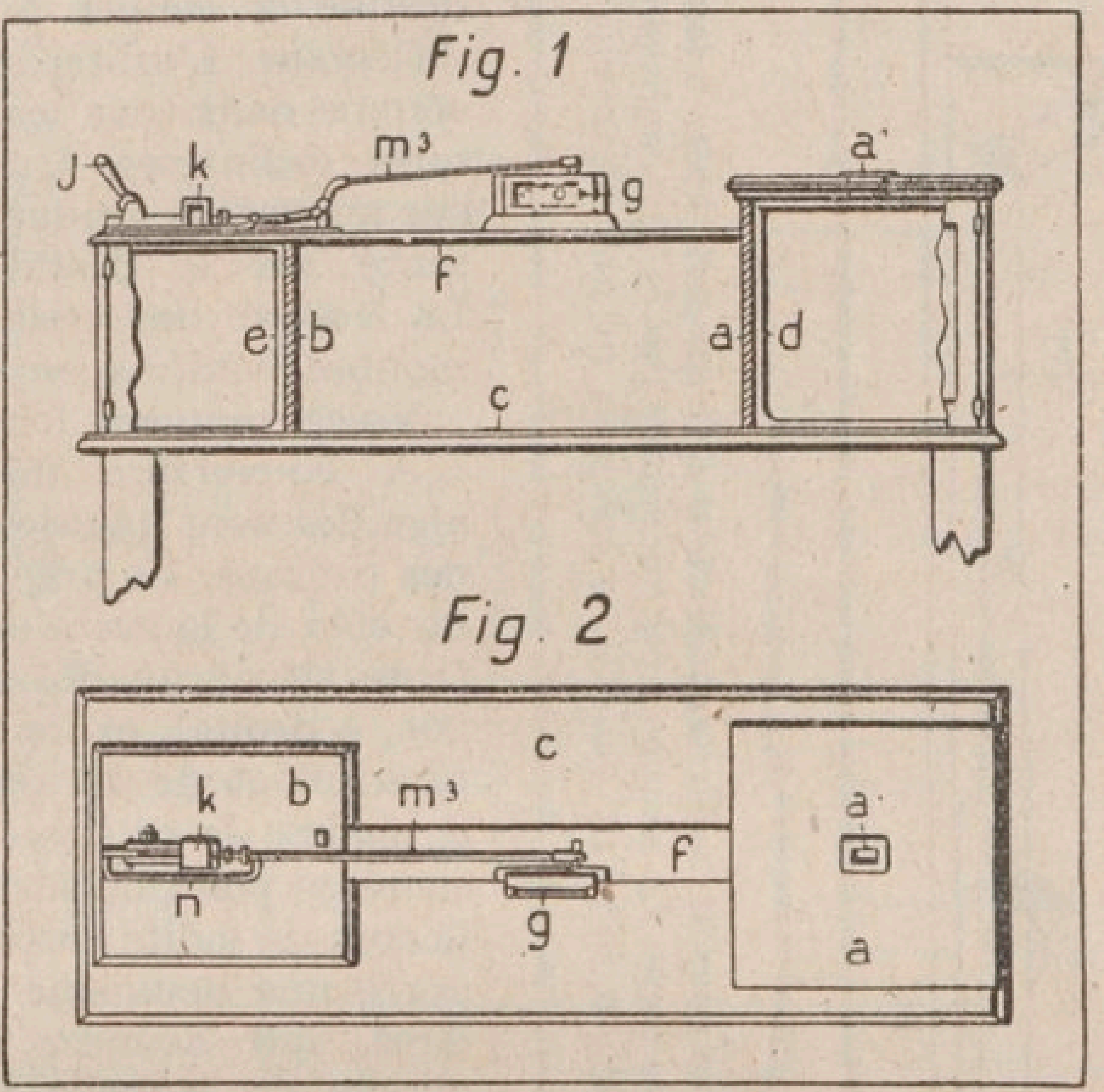
Comme nous l'avons dit, cette machine ne diffère qu'assez peu des tableaux d'appel à sonnerie conçus à différentes époques et en usage depuis longtemps. A noter, cependant, que le vote une fois émis, ne peut être recommencé sans que la machine ait été remise

dans son état primitif, ce qui ne peut être fait que par le président ou par une personne spécialement désignée à cet effet.

Mais, ce qui constitue son originalité, c'est qu'elle compte automatiquement le nombre de votes émis dans un sens ou dans l'autre *(oui* et *non)* par un procédé dont la simplicité fait le grand mérite. Elle possède deux roues ou deux combinaisons de roues engrenant l'une avec l'autre, comme dans les compteurs mécaniques, portant autant de numéros qu'il y a de votants, et qui tournent chacune devant une fenêtre rectangulaire pratiquée dans le tableau, une à droite et l'autre à gauche, au-dessous des petites fenêtres rondes (fig. pages 496 et 497.)

Aussitôt que le vote est terminé, le président appuie sur une touche spéciale placée devant lui, et un déclenchement électrique se produit, lequel a pour conséquence de faire décrire un demi-cercle à un levier mû par un poids. Ce levier porte un contact métallique qui se promène sur un distributeur (en relation avec tous les circuits de la machine) et qui établit un courant électrique chaque fois qu'il passe devant un circuit correspondant à un vote émis. Ce courant est lancé dans un électro-aimant à droite, quand le vote est positif, et à gauche quand il est négatif, ou *vice versa*, et chaque émission de courant passant par l'électro fait avancer d'un cran la roue des unités correspondant à la couleur à laquelle il appartient. Le total des votes blancs et des votes noirs peut ainsi se lire immédiatement sur le tableau sans qu'aucune erreur soit à redouter. De plus, la vérification est aisée et tout aussi rapide; elle se fait de la façon suivante :

Les deux électro-aimants correspondant à chaque votant agissent sur deux pointes en saillie derrière le tableau ; quand l'un d'eux est parcouru par un courant et actionne le voyant-indicateur qui est sous sa dépendance il oblige en même temps la pointe correspondant à ce voyant (de même couleur que lui) à se maintenir en saillie, et il fait rentrer la pointe opposée. Ainsi, le votant noir fait aussitôt rentrer la pointe blanche.



VUE D'ENSEMBLE DE L'URNE ÉLECTORALE MÉCANIQUE DE M. L.-J. BAZIN

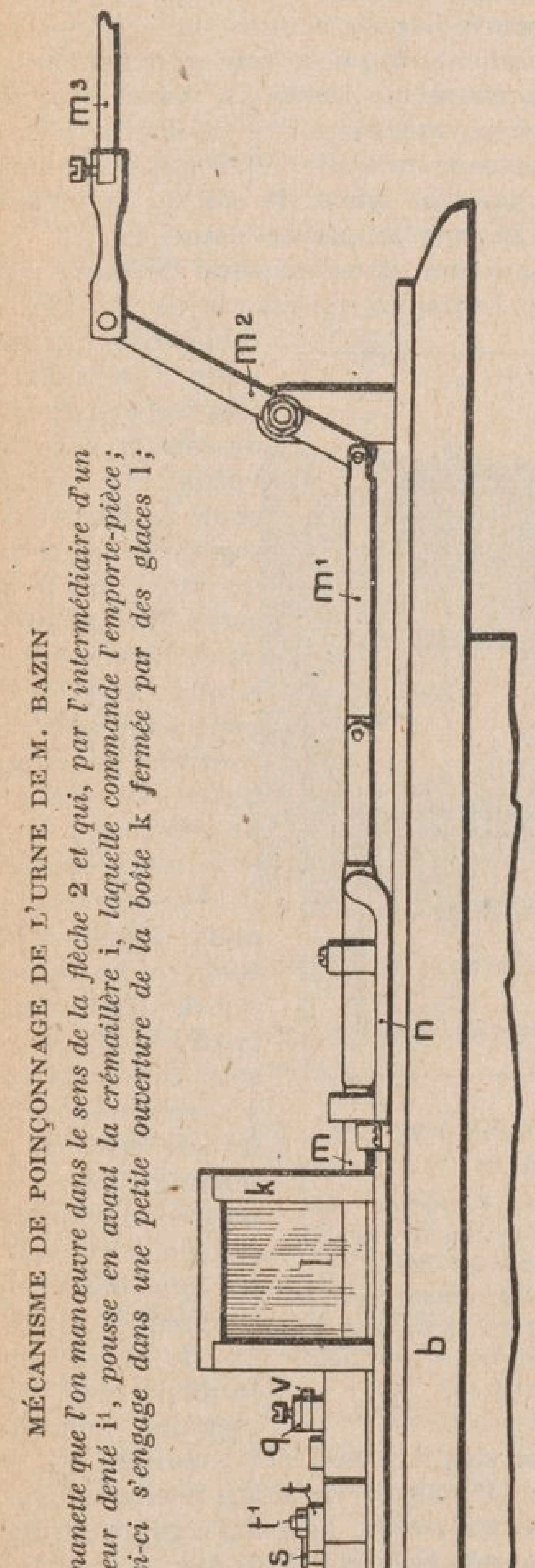
Fig. 1, coupe verticale de l'appareil ; fig. 2, vue en plan correspondante. — a *et* b, *coffres ou boîtes posées sur une table* c ; d *et* e, *récipients contenus dans les boîtes ;* a', *ouverture de la boîte* a ; k, *emporte-pièce commandé par la manette* j *et monté sur la boîte* b ; m³, *tringle commandant le compteur* g, *fixé sur la planchette* f ; n, *pièce coudée fixée à la tige coulissante* m³.

Si l'on donne donc un coup de barre sur la feuille de papier qui est placée derrière le tableau, la pointe noire (en saillie) fera trace juste au-dessous du nom du votant. Le même coup de barre enregistrera autant de votes qu'il y aura de pointes non rentrées, et les feuilles ainsi percées, servant de contrôle, pourront rester annexées au procès-verbal officiel de la séance.

Les figures que nous donnons ne sont qu'un appareil de démonstration. Les deux compteurs, en effet, ne comportent qu'une seule roue portant douze numéros ; il ne pourrait donc être utilisé que dans une assemblée composée de douze votants au plus. Une machine pour la Chambre des députés, par exemple, qui se compose d'environ six cents personnes susceptibles de voter, devrait comporter des compteurs de trois roues au moins, une pour les unités, la deuxième pour les dizaines et la troisième pour les centaines.

Des machines ont été créées non seulement pour enregistrer rapidement les votes d'assemblées délibérantes composées d'un nombre restreint de personnes, mais aussi ceux d'élections générales à grand nombre de votants : élections de sénateurs, de députés, de conseillers généraux, de conseillers municipaux, etc. Celles-là ont aussi pour but de contrôler automatiquement les votes et de rendre la fraude impossible.

Une des plus simples est le « compteur



MÉCANISME DE POINÇONNAGE DE L'URNE DE M. BAZIN

J, manette que l'on manœuvre dans le sens de la flèche 2 et qui, par l'intermédiaire d'un secteur denté i^1*, pousse en avant la crémaillère* i*, laquelle commande l'emporte-pièce ; celui-ci s'engage dans une petite ouverture de la boîte* k *fermée par des glaces* l *; q, coulisseau qu'un ressort tend à pousser vers la droite et portant une goupille* s *sur laquelle vient agir un petit levier* t *tournant en* t^1 *; v, poinçon du coulisseau au moyen duquel on peut imprimer un numéro sur la carte. Le compteur est commandé par la tige coulissante* m *sur laquelle est fixée une pièce coudée* n *; la tige coulissante* m *est prolongée par une bielle* m^1 *reliée à un balancier* m^2 *articulé avec la tringle* m^3.

automatique de vote », construit par MM. Andrieu et Laroche, et breveté par eux en 1908. Il a pour objet principal :

1º D'oblitérer les cartes d'électeur ;

2º D'indiquer, à tout moment, le nombre de votants qui se sont présentés devant le bureau pour déposer leur bulletin.

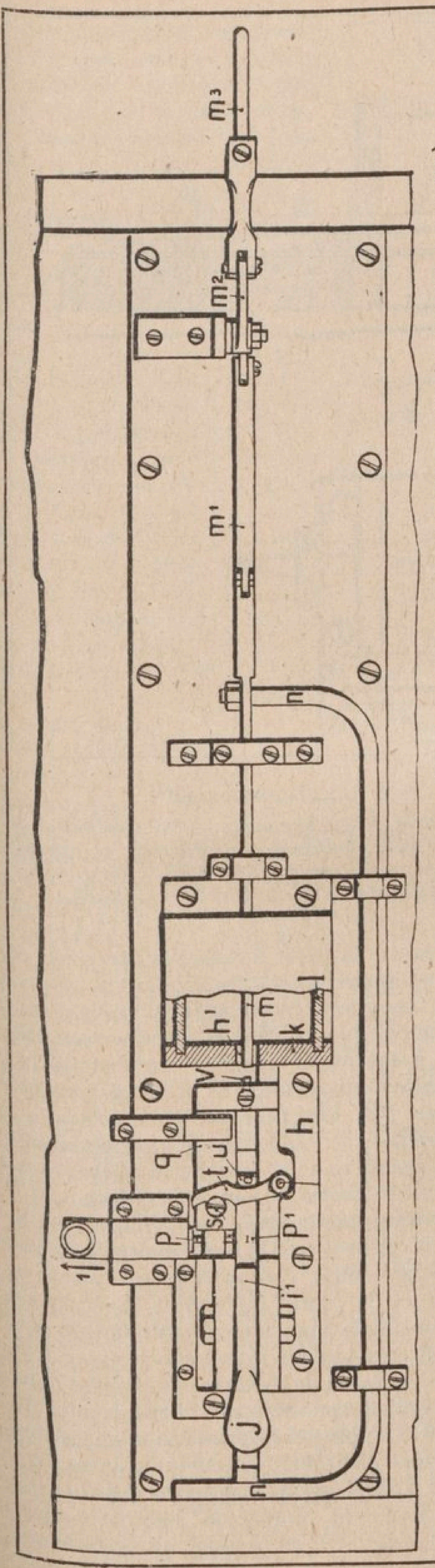
Il est constitué, dans ses parties essentielles, par trois roues dentées (à dix dents chacune) et un couteau triangulaire destiné à couper le coin de la carte d'électeur. L'arbre de chaque roue porte, comme dans tous les compteurs mécaniques ordinaires, une aiguille qui court sur un cadran gradué de 0 à 9 (non représenté sur le dessin de la page 498). La lecture des trois cadrans donne un monbre compris entre 0 et 1.000.

Voici comment fonctionne la machine :

A l'ouverture du scrutin, les trois aiguilles sont placées sur les trois zéros des cadrans. Le préposé au vote introduit un coin de la carte de l'électeur dans une fente située au dos de l'appareil (dans le bas, à droite), et, à l'aide du bouton de pression et de la tige placés au-dessus, il abaisse le couteau triangulaire (représenté en pointillé sur le dessin) qui coupe le coin de ladite carte. La tige du couteau, porte une deuxième tige qui, en descendant, fait avancer d'une dent la roue auprès de laquelle elle se trouve (roue des unités), et son aiguille indique alors sur le cadran le nombre 1. A chaque carte oblitérée, ladite roue avance d'une unité. A la dixième unité (c'est-à-dire au dixième votant), la goupille qu'elle porte sur une de ses dents (représentée sur le dessin par un point en haut et à gauche) fait avancer d'une dent la deuxième roue, qui est celle des dizaines, et l'aiguille de celle-ci marque aussitôt une dizaine sur le cadran correspondant.

A chaque dizaine d'électeurs, le même fonctionnement se reproduit. Lorsque le centième électeur arrive, cette roue des dizaines met à son tour en mouvement, au moyen de sa goupille (comme il a été indiqué plus haut pour les dizaines) la troisième roue, qui est celle des centaines, laquelle avance régulièrement d'une dent à chaque centaine, avancement enregistré régulièrement par son cadran.

L'appareil peut servir pour 1.000 électeurs. (En ajoutant une roue de plus, il pourrait servir pour 10.000.) Quand ces 1.000 électeurs ont voté, les trois aiguilles des cadrans sont revenues sur les trois zéros. Si le nombre des votants est supé-



VUE EN PLAN DE LA FIGURE DE LA PAGE PRÉCÉDENTE (MÉCANISME DE POINÇONNAGE DE L'URNE DE M. BAZIN)

i, *extrémité gauche de la crémaillère venant buter contre la pièce coudée* n ; j, *manette commandant le secteur denté* i¹ ; p, *verrou à ressort pouvant s'engager dans une entaille* p¹ *de l'emporte-pièce* ; q, *coulisseau qu'un ressort tend à pousser vers la droite et portant une goupille* s *sur laquelle vient agir un petit levier* t *actionné par une butée* u *de l'emporte-pièce* ; h¹, *ouverture par laquelle la carte d'électeur est introduite dans la boîte* k *où l'emporte-pièce découpe le talon. Les pièces* m, m¹, m², m³, *sont celles qui commandent le compteur. (Voir la figure précédente.)*

rieur à 1.000, il suffit de pointer le nombre de fois, depuis le commencement du vote, que les aiguilles se sont trouvées en même temps sur les trois zéros, de multiplier ce nombre par 1.000, et de lui ajouter les dizaines et les unités indiquées sur les petits cadrans correspondants.

Les opérations électorales terminées, on ramène le compteur à zéro à l'aide des petites tiges placées au-dessus de chacune des trois roues et qui viennent pousser celles-ci un nombre de fois convenable.

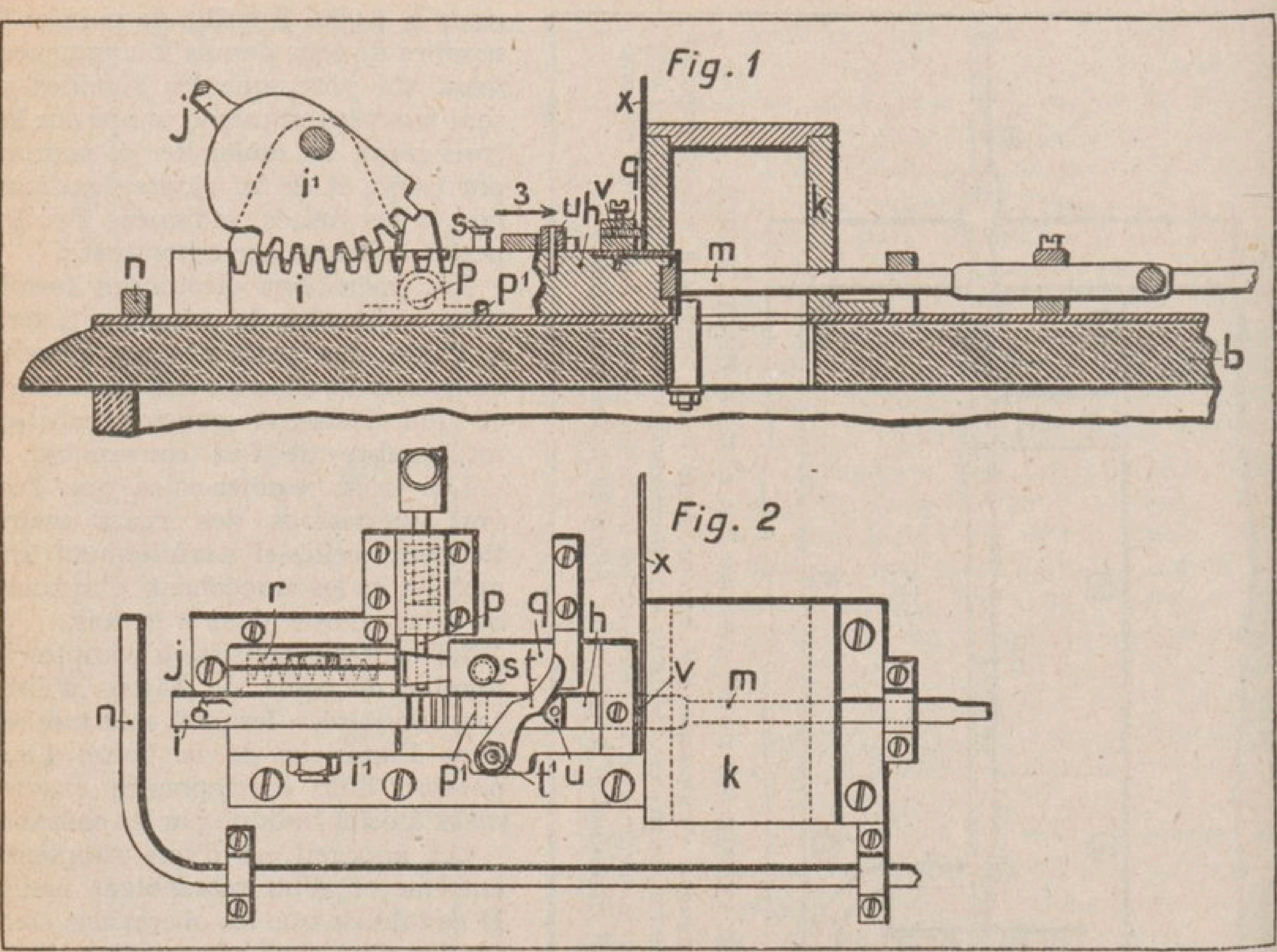
Les trois ressorts-cales que l'on voit au-dessous des roues maintiennent celles-ci parfaitement immobiles et les empêchent d'avancer de plus d'une dent à la fois.

Le contrôle consiste à compter le nombre de coins de cartes d'électeurs oblitérées, lesquels sont tombés dans l'intérieur de la boîte. Leur nombre doit correspondre exactement à celui indiqué par les cadrans.

Cet appareil est d'une simplicité extrême et d'un maniement facile. Il ne totalise que les opérations électorales d'un seul bureau de vote.

Un peu plus compliqué est celui imaginé et breveté en 1909, dans le même but, par M. Bazin. Il comporte, en principe, deux coffres fermés contenant des récipients destinés à recevoir : l'un les bulletins de vote, l'autre, les talons numérotés des cartes d'électeurs, découpés au moyen d'un mécanisme spécial, lequel est disposé de manière à n'exiger aucune attention particulière de la part du préposé chargé de sa manœuvre, et à fonctionner par le simple va-et-vient d'une manette. Il actionne un compteur qui enregistre mécaniquement le nombre de poinçonnages, lequel compteur est fixé sur une planchette placée entre les deux coffres (figure page 499).

Le premier de ces coffres présente à sa partie supérieure une ouverture permettant l'introduction des bulletins de vote. L'autre porte un mécanisme de poinçonnage qui comporte un emporte-pièce solidaire d'une crémaillère engrenant avec un secteur denté commandé par une manette ; l'emporte-pièce peut s'engager dans l'ouverture d'une boîte fermée hermétiquement par des glaces et com-



AUTRES ASPECTS DU MÉCANISME DE L'URNE ÉLECTORALE BAZIN

Fig. 1, coupe verticale ; fig. 2, vue correspondante montrant le fonctionnement. — x, position de la carte d'électeur au moment où l'emporte-pièce va en découper le talon, dont la partie découpée sera amenée à l'intérieur de la boîte k *pour retomber ensuite dans le récipient qui garnit cette boîte. — Pour l'explication des autres lettres, voir les légendes des figures précédentes se rapportant à l'urne Bazin.*

muniquant avec l'intérieur du second coffre, comme on le voit dans les figures ci-dessus.

En regard de l'emporte-pièce est disposée une tige coulissante sur laquelle est fixée une pièce coudée, convenablement guidée ; sur ladite tige est, en outre, articulée une bielle reliée à un balancier, articulé lui-même avec une tringle qui commande le compteur.

Un verrou à ressort s'engageant dans une entaille de l'emporte-pièce, peut immobiliser celui-ci quand on le juge à propos.

A côté de l'emporte-pièce est disposé un coulisseau qu'un ressort tend à pousser vers la droite ; il est muni d'une goupille sur laquelle vient agir un petit levier actionné par une butée de l'emporte-pièce. Le coulisseau porte un petit poinçon au moyen duquel on peut imprimer un numéro sur la carte.

Le fonctionnement du système, qui ne manque pas d'ingéniosité, est le suivant :

La carte d'électeur présente sur le côté une série de petites cases numérotées, comme le montre la figure page 503. Le préposé, auquel la remet l'électeur qui vient voter, la place contre la boîte fermée par des glaces et communiquant avec l'intérieur du second coffre, comme il est mentionné plus haut, de manière que la case à découper se présente exactement devant l'emporte-pièce. (Les cases au-dessous de celle-ci ont été enlevées lors des précédentes élections).

Le préposé écarte le verrou en agissant sur son poussoir, dans le sens de la flèche. Sous la poussée de son ressort, le coulisseau, qui était retenu par le levier, se déplace vers la droite et vient serrer la carte contre la boîte. En même temps, l'emporte-pièce se trouve dégagé par le retrait du verrou. Le préposé agit alors sur la manette commandant le système, ce qui déplace l'emporte-pièce, lequel découpe le talon de la carte, qui tombe dans un récipient spécialement disposé pour le recevoir. Le poinçon imprime en même temps sur la carte un chiffre, par exemple, le numéro d'ordre de l'élection. L'emporte-pièce, dans son mouvement, pousse la tige actionnant le compteur, lequel avance d'un numéro.

Le préposé au vote ramène alors la manette

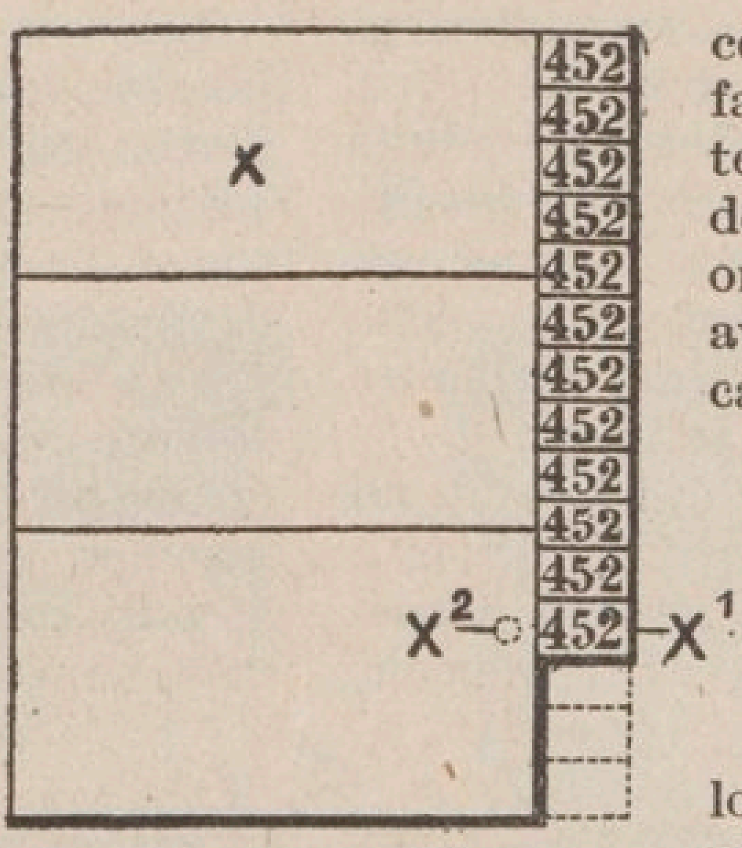
en sens inverse ; l'emporte-pièce revient vers la gauche ; le coulisseau est entraîné par le levier et suit ce mouvement. Le verrou immobilise ces deux pièces à leur position initiale.

Le bout de gauche de la crémaillère est venu buter contre la pièce coudée fixée sur la tige coulissante (disposée en regard de l'emporte-pièce) et a ramené celle-ci vers la gauche, dans la position première (figure à la page 501)

L'électeur, dont la carte a été ainsi poinçonnée, introduit son bulletin dans l'ouverture du premier des deux coffres. On comprend aisément que le nombre de bulletins qui y sont déposés doit être égal au nombre des talons de cartes découpés et tombés dans le second coffre et au chiffre indiqué par le compteur ; on a ainsi un triple contrôle, et toute fraude est rendue impossible. De plus, les chiffres portés sur les talons indiquent quels sont les électeurs qui ont voté.

Bien différente des précédentes, et tout à fait originale, est la « machine à voter automatique », de M. Boggiano (figures ci-contre).

Elle se compose d'une grande caisse munie de fentes (comme les appareils automatiques à paiement préalable) lesquelles



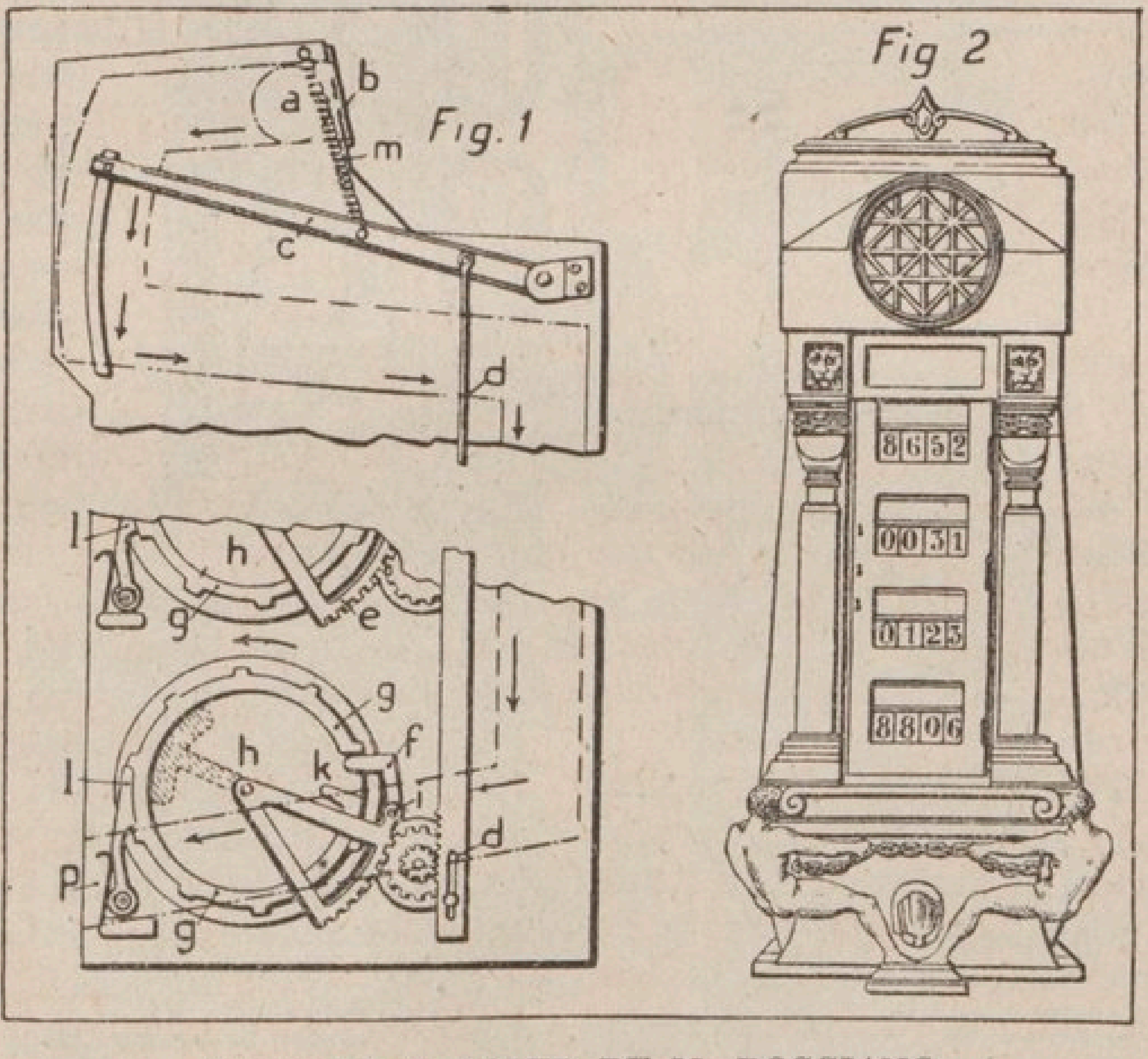
CARTE ÉLECTORALE POUR L'URNE BAZIN

x, *nom de l'électeur;* x^1, *case se présentant devant l'emporte-pièce ;* x^2, *poinçonnage indiquant, par exemple, le numéro d'ordre de l'élection.*

correspondent aux indications favorables, contraires ou abstentions, ou bien aux noms des candidats pour lesquels on doit voter (il doit donc y avoir autant de fentes que de candidats en présence).

L'électeur donne son vote en introduisant un jeton dans une des fentes, auxquelles on accède du côté postérieur de la machine présentant une sorte d'isoloir garantissant le secret du vote. Ces fentes portent des étiquettes avec les dénominations de OUI, NON ou ABSTENTION, ou bien encore les noms des divers candidats.

Le jeton est une marque-bulletin métallique unique de dimensions, poids et coin déterminés, qui est remis à l'électeur lorsque son tour de voter est arrivé. A chaque fente correspond un compteur mécanique (dans le genre de ceux décrits plus haut), qui marque le nombre de fois que le jeton a passé par la même fente. Dès que celui-ci a été introduit dans l'appareil, il descend sur un levier qui est contrebalancé par le contrepoids (indiqué en lignes pointillées sur la figure) du compteur respectif, et, subsidiairement, par un ressort qui se baisse. Le jeton descend, après qu'il a quitté le levier, le long



MACHINE A VOTER DE M. BOGGIANO

Fig. 1, coupe verticale (avec brisure) du mécanisme intérieur ; fig. 2, l'appareil vu en élévation. — a, *jeton venant d'être introduit dans la fente* b ; c, *levier ;* m, *ressort antagoniste ;* d, *crémaillère qui déplace en s'abaissant un secteur* e, *qui a un appendice* f, *lequel, en engageant successivement une dent de la roue* g, *fait faire à cette dernière un dixième de tour ;* h, *tambour compteur solidaire de la roue* g, *et portant sur la périphérie de ses roues des chiffres de* 0 *à* 9. *La roue des dizaines fait un dixième de tour à chaque dix déplacements de celle des unités au moyen d'un deuxième appendice, solidaire avec le même axe* i, *plus court que le premier appendice* f, *et qui engage les dents de la deuxième roue seulement lorsque le premier appendice* f *pénètre dans l'ouverture* k, *permettant ainsi à l'axe* i *de faire une fraction de tour en tendant un ressort. De la même manière, on obtient le déplacement d'une troisième et quatrième roues (vues en section) ;* l, l, *cliquets assurant la position des roues ;* p, *orifice de sortie du jeton.*

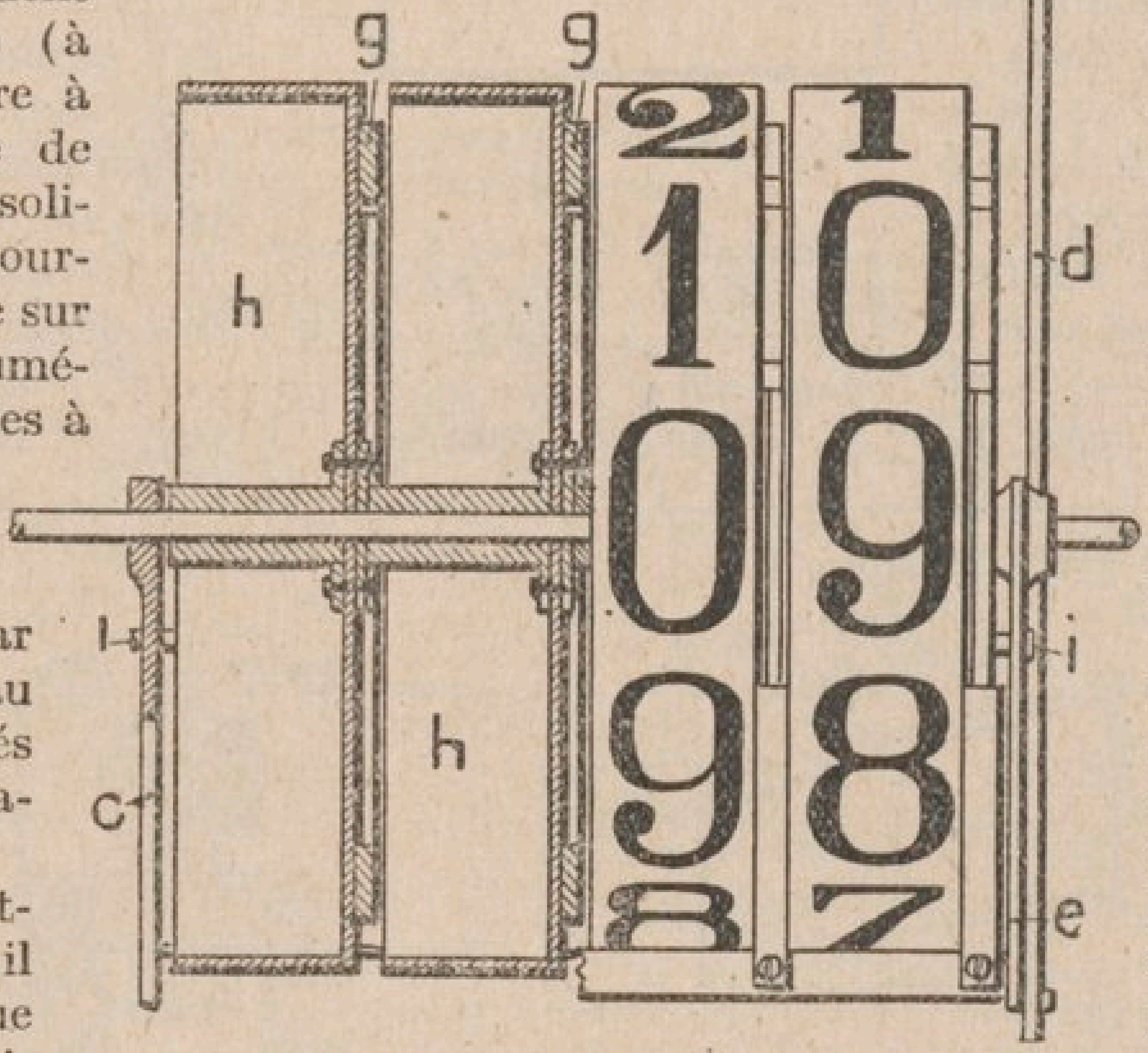
du canal (suivant la direction des flèches) et passe dans un canal collecteur unique, dans lequel viennent aussi déboucher les conduits des autres fentes, pour se décharger ensuite par une ouverture, également unique, en rendant ainsi matériellement impossible aux personnes intéressées de reconnaître lequel des compteurs a été actionné.

A l'abaissement du levier correspond, au moyen d'une crémaillère ou d'un levier à angle, le déplacement d'un secteur possédant un appendice, lequel, en engageant successivement une dent d'une roue dentée (à dix dents) fait faire à celle-ci un dixième de tour. Cette roue est solidaire avec un tambour-compteur, qui porte sur sa périphérie les numéros de 0 à 9 visibles à l'extérieur. Ces numéros sont cachés par des carreaux fixes et par une vanne fermée au moyen de trois clés pendant les opérations du vote.

Latéralement à cette roue des unités, il y en a une identique qui marque les dizaines et qui fait un dixième de tour à chaque dix déplacements de la précédente. Ce fait est obtenu au moyen d'un deuxième appendice, solidaire de l'axe de la roue des unités, plus court que le premier, et qui engage les dents de la deuxième roue seulement lorsque le premier appendice est parvenu à fin de course, permettant alors à l'axe de faire un petit tour par suite de la réaction d'un ressort qui est enroulé autour de lui.

Par l'introduction successive des jetons dans les fentes, les roues des unités et des dizaines se déplacent, la première d'un dixième de tour, la seconde également d'un dixième de tour mais seulement à chaque tour complet de la précédente, opération qui se répète à chaque arrivée de l'appendice à fin de course, c'est-à-dire chaque dix unités.

De cette même manière, on obtient le déplacement de la troisième roue à chaque dix tours de la deuxième roue, et ainsi de suite. Un cliquet sert à fixer la position des roues quand elles sont immobiles.



TAMBOUR-COMPTEUR DE LA MACHINE A VOTER DE L'ITALIEN BOGGIANO

La partie gauche de l'appareil est représentée en section. — Pour l'explication des lettres, se reporter à la légende de la figure précédente.

Les compteurs sont nécessairement en nombre égal à celui des fentes, c'est-à-dire à celui des candidats. Il existe, en outre, un compteur-totalisateur donnant le nombre de tous les votants, lequel reçoit le mouvement de chacun des compteurs particuliers.

Dans un premier modèle, les différents compteurs étaient mis en mouvement à l'aide de ressorts dans la partie supérieure de la machine, par l'intermédiaire de crémaillères, ce qui excluait tout accord, très exactement réglé, entre le poids du jeton de vote et l'oscillation des ressorts; il s'ensuivait que le fonctionnement de la machine n'était ni sûr, ni certain.

Dans un second modèle, breveté en 1908, dont nous donnons la photographie (page 505) l'inventeur a remédié à cet inconvénient. Le jeton correspond exactement, par son poids, à un contre-poids prévu dans la machine, et le vote individuel est enregistré simultanément tant par un compteur spécial que par le totalisateur des votes émis; de plus, les totaux partiels restent absolument secrets pendant tout le scrutin, tandis que le total des votes émis par les électeurs, qui doit naturellement augmenter d'une unité à chaque vote, est constamment exposé à la vue du public.

Enfin, M. l'ingénieur Stélian Russo, de Bucarest, a construit une machine à voter, dite l'*automate*, qui donne les avantages suivants : secret et rapidité du vote, suppression du bulletin de vote et du dépouillement du scrutin par les moyens ordinaires, obligation pour l'électeur, *même illettré*, de faire *tout* son devoir de citoyen, réglage automatique des opérations électorales rendant la fraude absolument impossible.

La cabine, assez spacieuse, a sa porte surmontée d'un enregistreur, du type ordinaire bien connu, qui compte les électeurs qui en franchissent le seuil, et d'un timbre spécial qui résonne chaque fois que les touches qui y sont disposées sont actionnées.

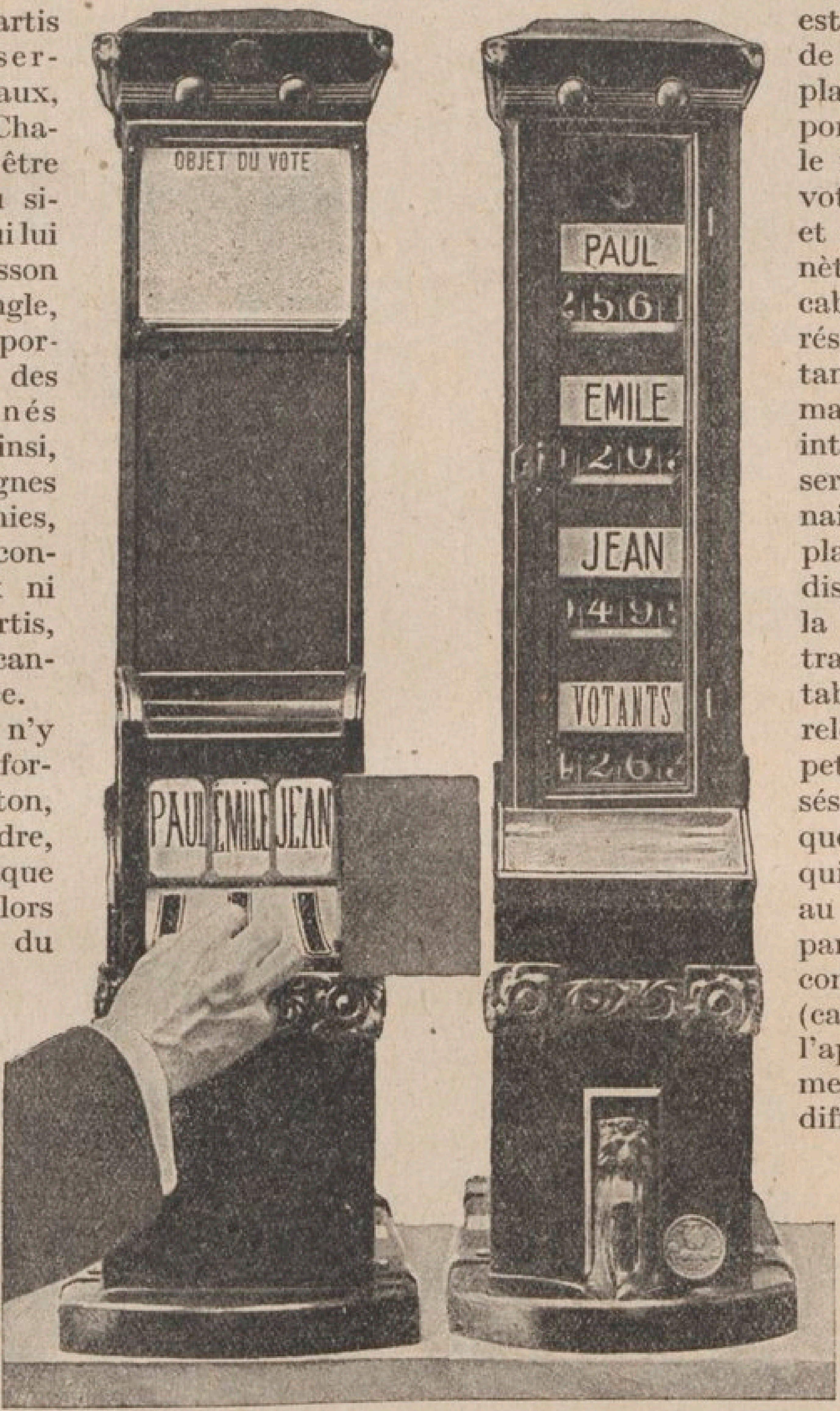
Tant que la porte reste ouverte, les méca-

nismes ne peuvent fonctionner. Quand un électeur l'a franchie et qu'un agent du vote l'a refermée derrière lui, leur inertie cesse.

L'électeur se trouve alors en présence de tableaux surmontés des noms des partis concurrents, conservateurs, radicaux, socialistes, etc. Chacun d'eux peut être identifié grâce au signe symbolique qui lui sert comme d'écusson (étoile, croix, triangle, etc.). De plus, ils portent les portraits des candidats soulignés de leurs noms. Ainsi, guidé par les signes et les photographies, l'illettré ne peut confondre entre eux ni les différents partis, ni les différents candidats en présence.

Pour voter, il n'y a qu'à appuyer fortement sur le bouton, en forme de cylindre, disposé sous chaque nom ; il s'enfonce alors sous la pression du doigt et ne revient à sa position première que lorsque la porte de la cabine se rouvre, quand l'électeur a terminé son vote. Celui ci se trouve donc dans l'impossibilité matérielle de voter deux fois pour la même personne.

S'il y a plusieurs candidats à élire, six, par exemple, l'électeur devra appuyer sur six des touches, en conservant, bien entendu, la liberté de choisir soit dans le même tableau soit dans les divers partis. Mais la machine, qui a été réglée auparavant pour six mandats, lui impose l'obligation de voter six fois, c'est-à-dire d'appuyer sur six cylindres différents : *la porte de la cabine ne se rouvrira pas avant.* D'autre part, s'il voulait, par hasard, actionner plus de six boutons, le septième resterait inerte.



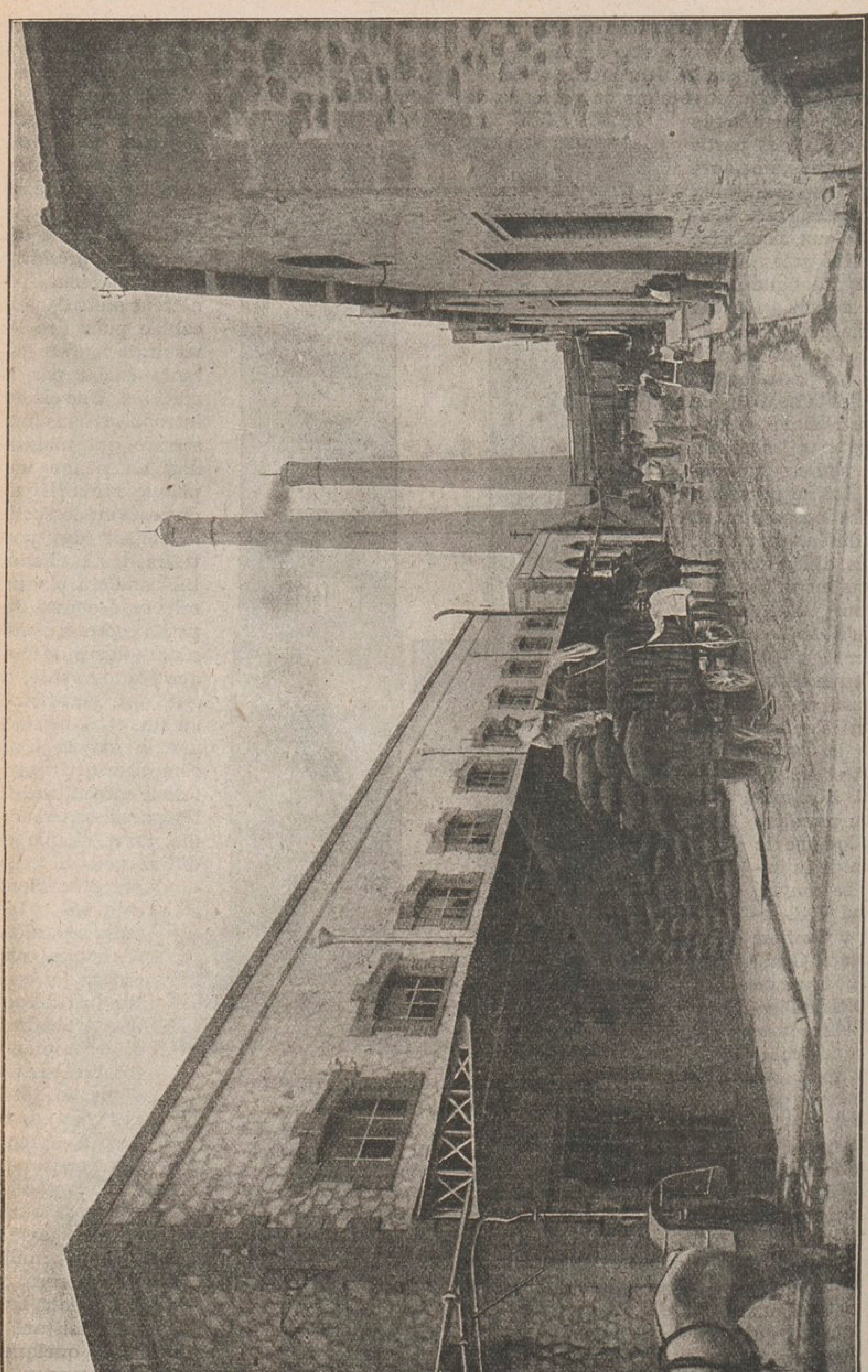
L'APPAREIL PERFECTIONNÉ DE M. BOGGIANO

A gauche : vue arrière, côté votant ; à droite : vue de face, côté tourné vers la salle du vote. L'électeur introduit son jeton de vote dans l'une des fentes correspondant au nom du candidat de son choix. Le jeton, en tombant, actionne le mécanisme servant à enregistrer les voix de ce candidat et sort de l'autre côté par une fente que l'on voit au bas de l'appareil.

Quand le scrutin est clos, le cadran de l'enregistreur, placé au-dessus de la porte, renseigne sur le nombre exact des votants. Le président et ses assesseurs pénètrent alors dans la cabine pour lire les résultats fournis instantanément par la machine. Une clé est introduite dans une serrure qui maintenait en place une plaque métallique disposée au-dessus de la rangée des portraits dans chaque tableau. Cette plaque, relevée, découvre des petits cadrans disposés au-dessus de chaque photographie, et qui ont enregistré, au fur et à mesure, par le moyen d'un compteur ordinaire (car le mécanisme de l'appareil est, en somme, assez simple et diffère peu de ceux précédemment décrits), les voix accordées à chaque candidat. Au centre du tableau, un autre cadran d'un compteur-totalisateur indique le total des voix accordées à chacun des partis.

Essayée à Bucarest quelques mois avant la guerre, cette machine a permis à dix mille électeurs de voter en moins de six heures, et la lecture des résultats du vote, tenant lieu de dépouillement du scrutin, et consistant à relever les plaques, n'a duré que quelques minutes.

GEORGES VALLANDRAL.



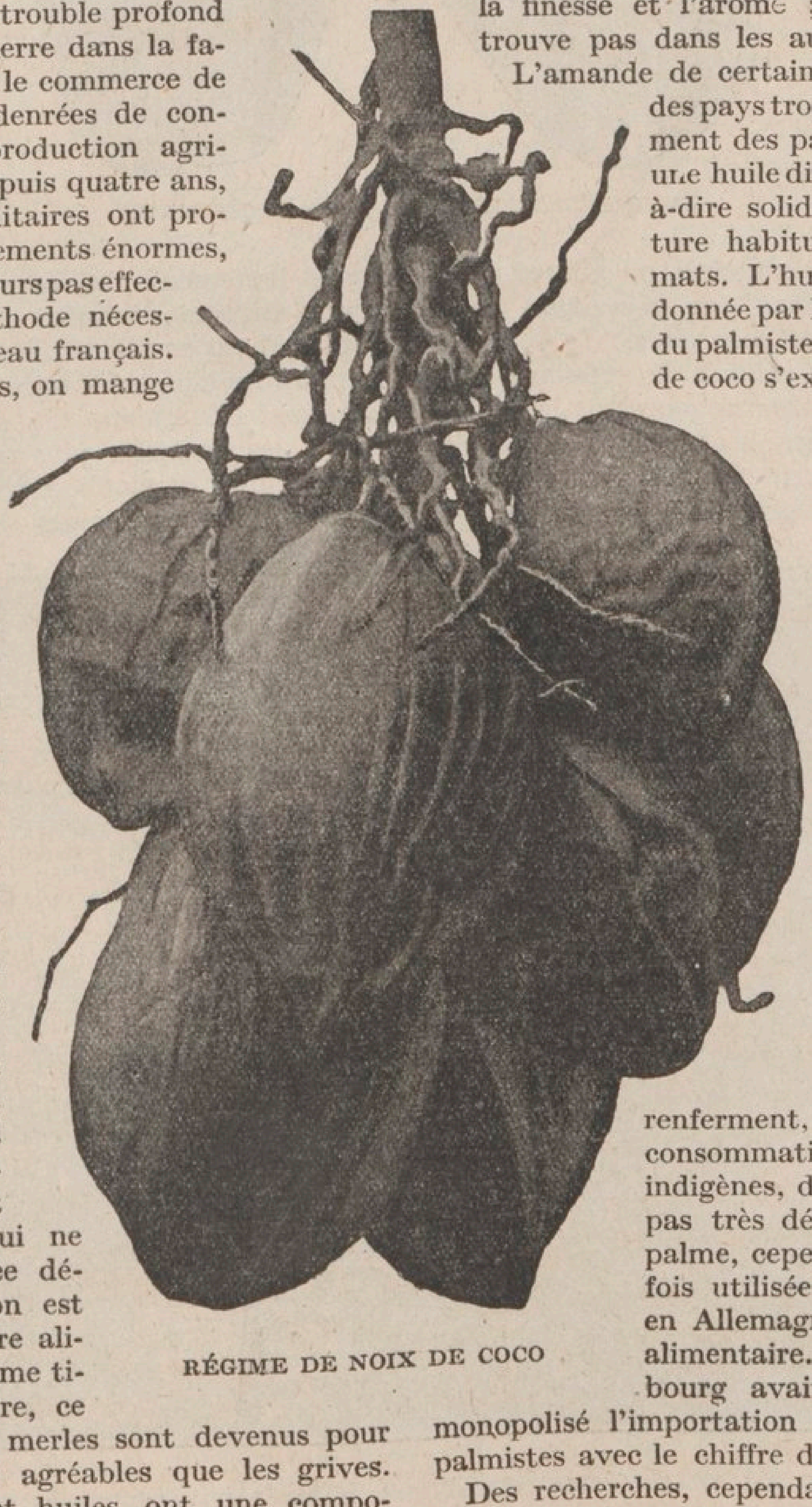
ARRIVÉE DES COPRAHS (AMANDES DE NOIX DE COCO DESSÉCHÉES) DANS UNE GRANDE FABRIQUE MARSEILLAISE DE BEURRE VÉGÉTAL

LES BEURRES VÉGÉTAUX :
COCOSE, VÉGÉTALINE, COCOGÈNE, ETC.

Par Raymond GUIMBERT

La pénurie actuelle de beurre et de tous corps gras alimentaires en général, qui se fait si cruellement sentir dans les ménages, tient au trouble profond apporté par la guerre dans la fabrication et dans le commerce de la plupart des denrées de consommation. La production agricole a diminué depuis quatre ans, et les besoins militaires ont provoqué des prélèvements énormes, qui ne furent toujours pas effectués avec la méthode nécessaire, sur le troupeau français.

Faute de grives, on mange des merles, dit le proverbe. Faute de beurre, on s'adresse aux succédanés : graisses animales et huiles végétales exotiques. Des premières, on extrait la margarine, corps gras alimentaire très sain et très nourrissant, pouvant parfaitement remplacer le beurre dans la cuisine, mais qui n'en possède pas la légèreté et la digestibilité, et qui ne convient pas aux estomacs délicats. Les secondes donnent des produits qui ne possèdent pas ce défaut, et que l'on est parvenu à rendre alimentaires au même titre que le beurre, ce qui fait que les merles sont devenus pour nos palais aussi agréables que les grives.



RÉGIME DE NOIX DE COCO

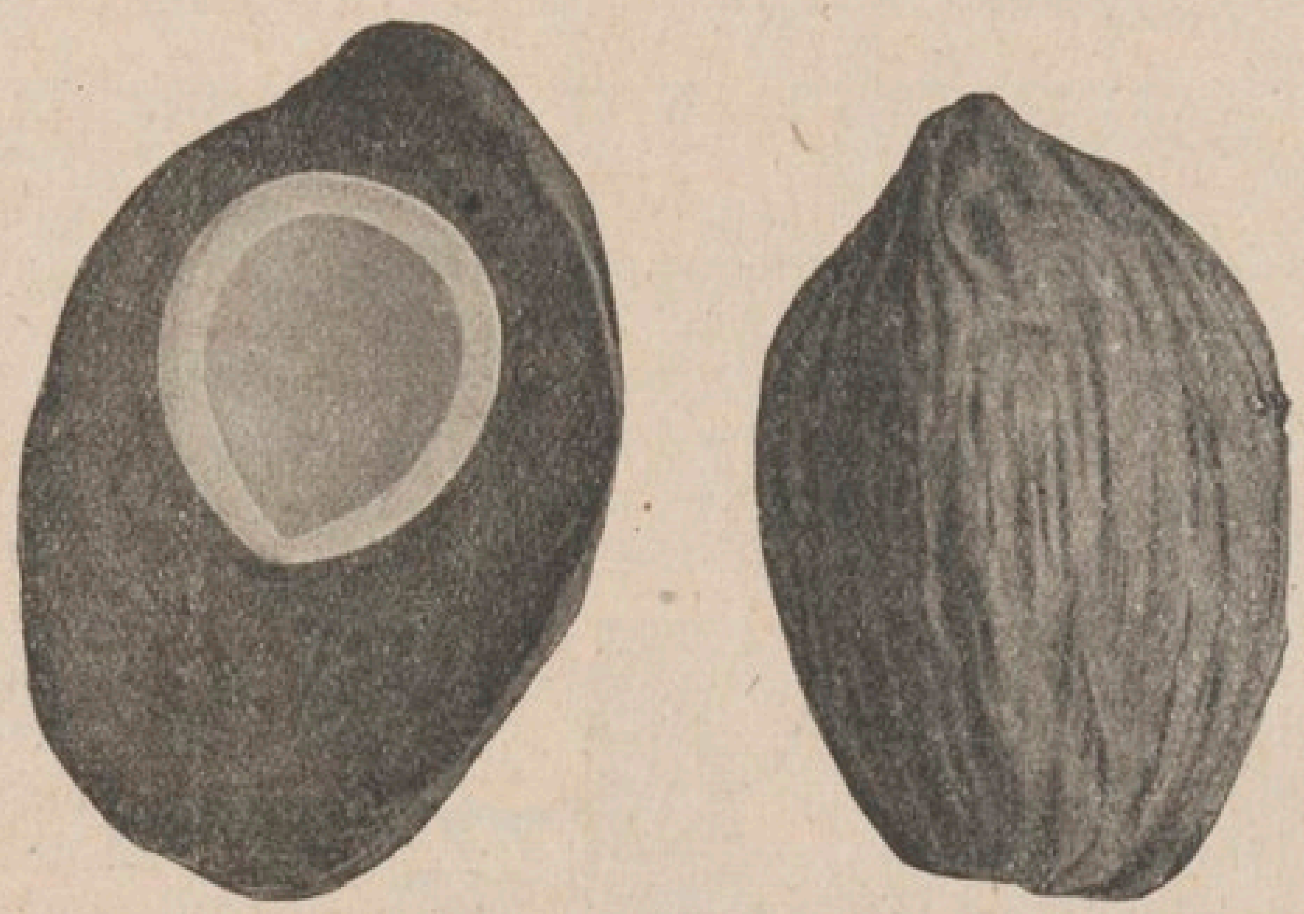
Les graisses et huiles ont une composition analogue aux beurres, avec cette différence que ceux-ci renferment des glycérides à acides volatils et solubles qui leur donnent la finesse et l'arome ; on ne les retrouve pas dans les autres corps gras.

L'amande de certains fruits d'arbres des pays tropicaux, et notamment des palmiers, renferme une huile dite concrète, c'est-à-dire solide à la température habituelle de nos climats. L'huile de palme est donnée par l'amande du fruit du palmiste, l'huile ou beurre de coco s'extrait des coprahs, qui sont des fragments de la pulpe de la noix de coco desséchée au soleil.

Depuis longtemps l'une et l'autre sont utilisées industriellement, surtout dans la savonnerie, pour la fabrication des savons blancs mousseux, ou savons de Marseille. La rapidité de leur rancissement, en raison des acides gras qu'elles renferment, les éloignait de la consommation, sauf chez les indigènes, dont le palais n'est pas très délicat. L'huile de palme, cependant, était parfois utilisée en Angleterre et en Allemagne comme graisse alimentaire. Le port de Hambourg avait même presque monopolisé l'importation des amandes de palmistes avec le chiffre de 250.000 tonnes.

Des recherches, cependant, furent entre-

prises et longuement poursuivies pour parvenir à éliminer ces acides gras qui provoquaient le rancissement, et rendre ces graisses, possédant la favorable propriété d'être solides et onctueuses, aptes à tous les besoins culinaires. On est parvenu à obtenir, dans les usines de Marseille, d'excellents résultats, et, aujourd'hui, on fabrique un produit qui rivalise avec le beurre de lait de vache, sauf, bien entendu, l'arome de celui-ci qu'il ne possède pas. La matière première employée est l'huile concrète, ou beurre, obtenue mécaniquement par expression de la pulpe de noix de coco desséchée.



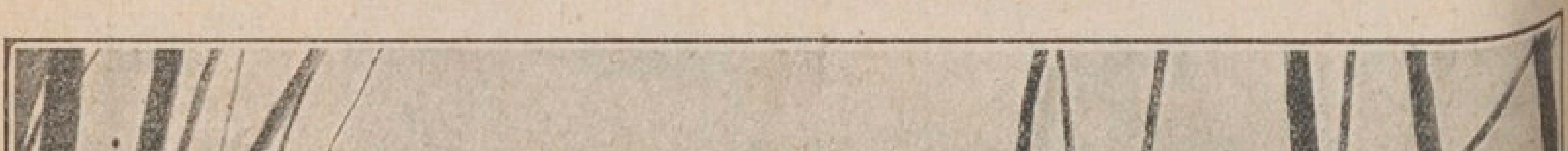
VUE D'UNE NOIX DE COCO SECTIONNÉE

Le végétal qui produit la précieuse noix forme un des nombreux genres de la grande famille des palmiers : le cocotier. Il est un des plus élégants et surtout des plus utiles, et c'est surtout en raison des grands services qu'il rend qu'on lui a décerné le titre, réellement très justifié, de *Roi des végétaux*.

Son fruit possède une enveloppe extérieure *(exocarpe)*, sèche et fibreuse, et un noyau très dur *(endocarpe)* qui contient un abondant albumen blanc, creusé d'une cavité remplie, avant la complète maturité, d'un liquide laiteux qui se transforme en mûrissant en une amande ou pulpe blanche et succulente ayant un goût rappelant de très près celui de la noisette.

L'arbre croît assez lentement, et ce n'est qu'au bout d'une dizaine d'années qu'il produit des fruits. Il est en pleine production de quinze à quarante-cinq ans, après quoi sa vigueur diminue. Néanmoins, on trouve communément des cocotiers plus que centenaires.

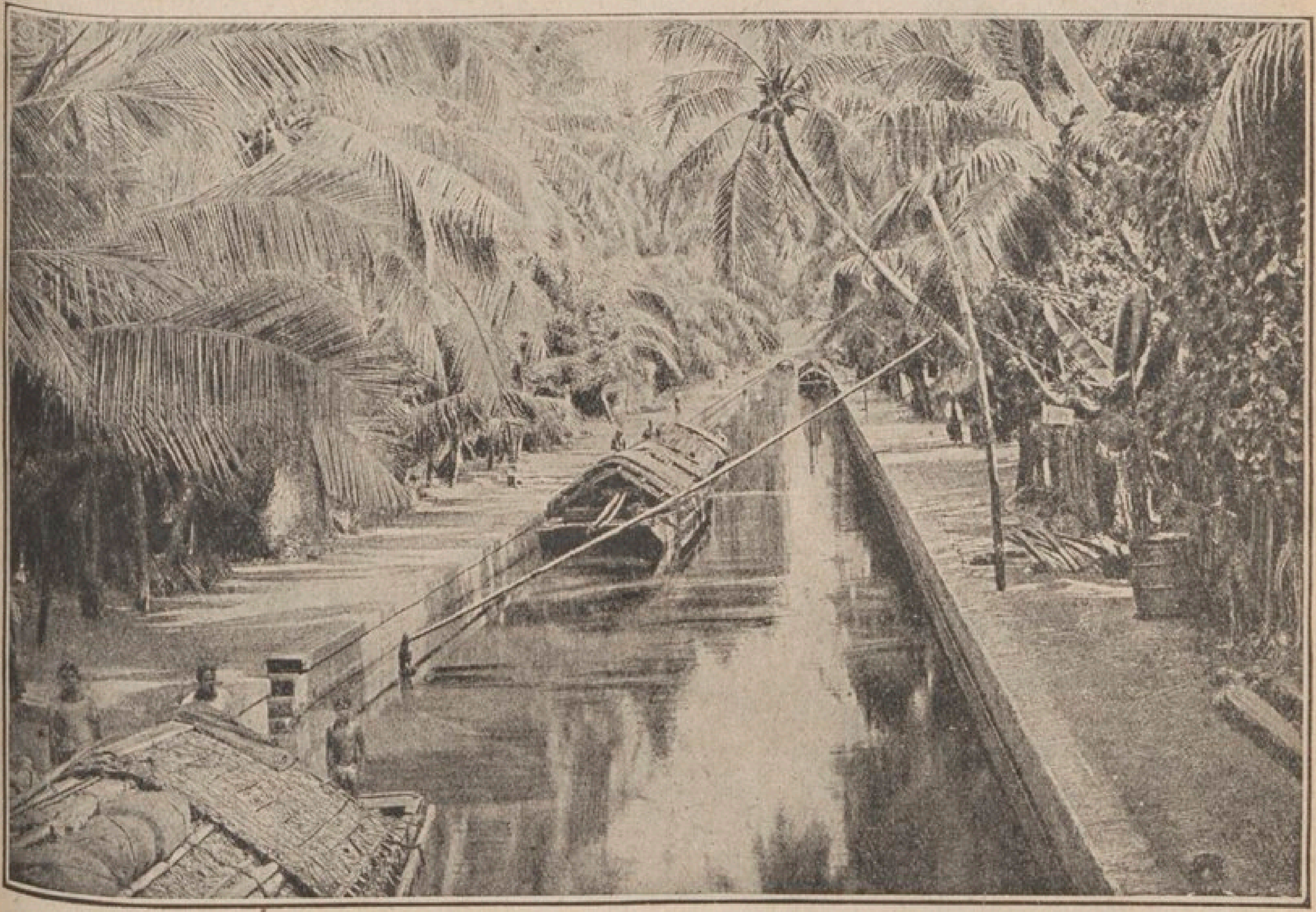
Il se plaît particulièrement sur le bord de la mer, dans les terrains sablonneux, à une



UNE ROUTE AU MILIEU DES COCOTIERS DANS L'ILE DE TAHITI (OCÉANIE)

température de 26 à 32 degrés centigrades, et on estime qu'il couvre, dans le monde entier, une surface de près de 2 millions d'hectares sur lesquels se tiennent approximativement 400 millions de pieds, donnant, outre les noix consommées en grande quantité sur place, 400.000 tonnes de coprah. Cette matière première considérable est fournie par 15 à 20 milliards de noix.

Il est à regretter que nos colonies n'en exportent pour l'instant que 20 à 25.000 tonnes ; nous devons cependant y trouver



LE TRANSPORT DES NOIX DE COCO PAR LES VOIES D'EAU, DANS L'ILE DE CEYLAN

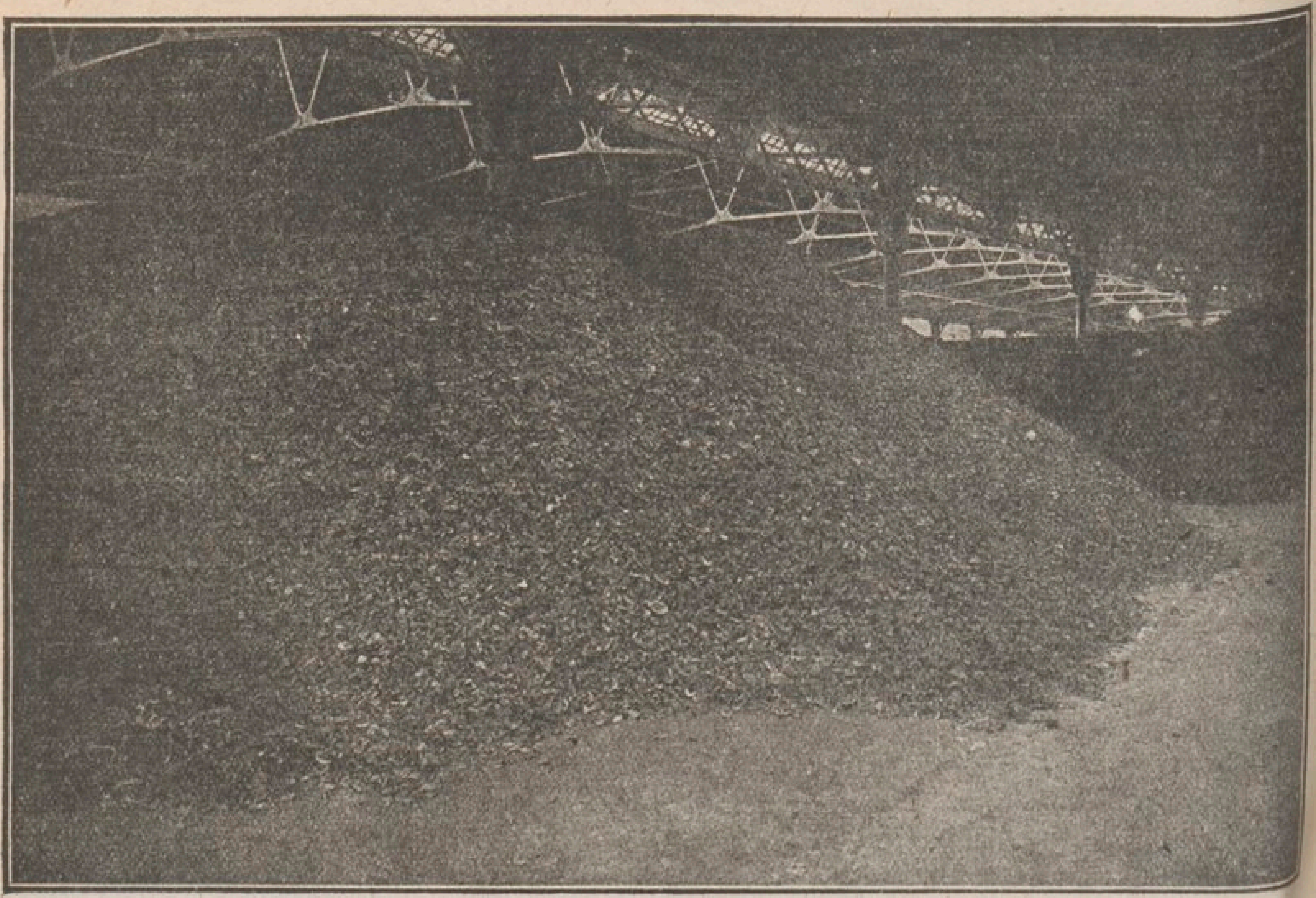
un encouragement à développer les plantations de cocotiers, puisque leur large débouché sur notre marché est assuré.

Quand le navire qui doit prendre sa cargaison de noix de coco arrive au pays de production, les indigènes se répandent dans les plantations, ramassent sur le sol ou cueillent les noix arrivées à maturité, qui pendent en grappes au sommet des cocotiers. Ils les réunissent en tas, puis, d'un bras agile et vigoureux, à l'aide d'un coutelas fiché en terre, la pointe en haut, ils arrachent la bourre ou fibre qui enveloppe la noix. Celle-ci est ensuite fendue en deux moitiés que l'on expose au soleil ou à la chaleur pour que l'amande perde un peu de son adhérence à la coque, extrêmement dure. Après un ou deux jours, elle peut être facilement, à l'aide d'une pointe de métal, séparée de la coque.

Elle constitue alors le « coprah » qui doit encore être séché au feu ou au soleil, ce qui demande un certain temps et offre le grave inconvénient de les noircir plus ou moins dans le premier cas, et de provoquer leur rancissement dans le second cas. Un procédé perfectionné consiste à les sécher à l'étuve (comme le faisaient les Allemands aux îles Samoa), ce qui est plus rapide, et permet de conserver toute sa blancheur à la pulpe d'où découlera plus tard une huile limpide.

Bien séché, le coprah est embarqué en vrac pour l'Europe ou l'Amérique, où il se transformera, sous les presses des huileries, en deux produits fabriqués : la graisse de coco non encore raffinée, et le tourteau, aliment de premier ordre pour les vaches laitières.

Mais il n'est plus seul aujourd'hui à fournir des graisses alimentaires à nos pays : le palmier à huile *Elæis* lui fait une redoutable concurrence avec les 500.000 tonnes de graines et huile de palme qui s'expédient vers les pays importateurs. Contrairement au cocotier, qui pousse tout autour du monde, c'est presque exclusivement l'Afrique occidentale



LE DÉBARQUEMENT DES AMANDES DE COCO DANS UN ENTREPOT DE MARSEILLE

anglaise, française, portugaise, ainsi que le Congo, qui constituent les grands centres producteurs et exportateurs de cette graine oléagineuse. Avec l'amande de palme, ou palmiste, nos colonies concourent, avec les colonies anglaises, pour une proportion beaucoup plus forte qu'avec l'amande de coco.

Le palmier à huile *Elœis* pousse souvent dans les régions éloignées de la mer, contrairement au cocotier. Son fruit, au lieu de se former en grappes, comme les noix de coco, pousse isolément, à la naissance des feuilles, formant néanmoins des régimes ressemblant vaguement à d'énormes pommes de pins d'un poids de six à douze kilos, contenant dans leurs alvéoles une infinité de petits fruits de couleur rouge et extrêmement riches en graisse. Ils comprennent une partie charnue extérieure (comme dans la prune, par exemple) dont les indigènes extraient l'huile en la faisant bouillir dans l'eau.

Cette huile, d'un beau rouge, appelée dans le commerce « huile de palme », sert surtout actuellement en stéarinerie, et elle entrera sous peu de temps dans l'alimentation.

Le noyau, que l'on casse dans les pays d'origine, est dur comme l'ébène. Nous pouvons dire aujourd'hui qu'après calcination, il a servi, au cours de la dernière période de la guerre, à fabriquer un charbon contre les gaz asphyxiants, son pouvoir absorbant pour les gaz étant plusieurs fois supérieur au charbon provenant de toute autre sorte de bois.

Le noyau brisé laisse échapper une amande dite « palmiste », que l'on importe comme le coprah, pour être triturée et transformée en huile et en tourteau. L'huile peut servir à différents usages, mais surtout à l'alimentation, après un raffinage convenable.

On est donc ainsi en possession de deux graines oléagineuses alimentaires, celle de palmiste, qui contient 40 % d'huile, et le coprah, qui en contient plus de 60 %. C'est en 1896 que l'on découvrit chez nous les procédés pour les rendre alimentaires, alors qu'elles n'avaient servi, jusqu'alors, qu'à des emplois purement industriels, et c'est une maison bien française qui eut cet honneur. Cette découverte fut aussitôt signalée en Europe et en Amérique, des rapports furent envoyés à leurs gouvernements respectifs par les consuls des pays d'outre-mer en 1901, et les journaux étrangers enregistrèrent ce progrès considérable, particulièrement précieux par ces temps de disette du beurre et du saindoux.

Le nom de « Végétaline » fut donné à la nouvelle graisse végétale par les fabricants-inventeurs, qui eurent d'ailleurs, par la suite, des concurrents assez nombreux.

Nos colonies cultivant le cocotier et le palmier *Elœis* virent ainsi commencer une ère de prospérité pour leurs plantations dont le prix s'éleva sensiblement. La Société d'encouragement pour l'industrie nationale décerna au nouveau produit sa grande médaille de vermeil, et le ministre de la guerre autorisait, le 16 janvier 1901, son emploi dans l'armée française.

Sous les noms de végétaline, cocose, cocogène, cocofruitine, il est entré définitivement, depuis une quinzaine d'années, dans les usages domestiques au même titre que le beurre, le saindoux, etc.; et la rapidité avec laquelle la fabrication s'est développée, l'accueil qui a été fait dans certaines parties de l'Europe, particulièrement en Angleterre, en Hollande, en Allemagne, et chez nous à cette graisse économique, anhydre, exempte de parfum, et aussi de mauvais goût et peu susceptible de rancir, font prévoir que, dans un avenir prochain, son usage se généralisera encore davantage. Avant la guerre, les exportations de Marseille (qui est le grand centre de production européen) vers les pays du nord (dont la consommation atteignait les trois quarts du total) étaient annuellement de 200.000 quintaux, dont la majeure partie allait en Allemagne, ce qui prouve que l'on était en présence d'une industrie bien française. En 1915, même, les exportations dépassaient 255.000 quintaux, à destination des pays alliés et neutres, le tout valant près de 30 millions de francs.

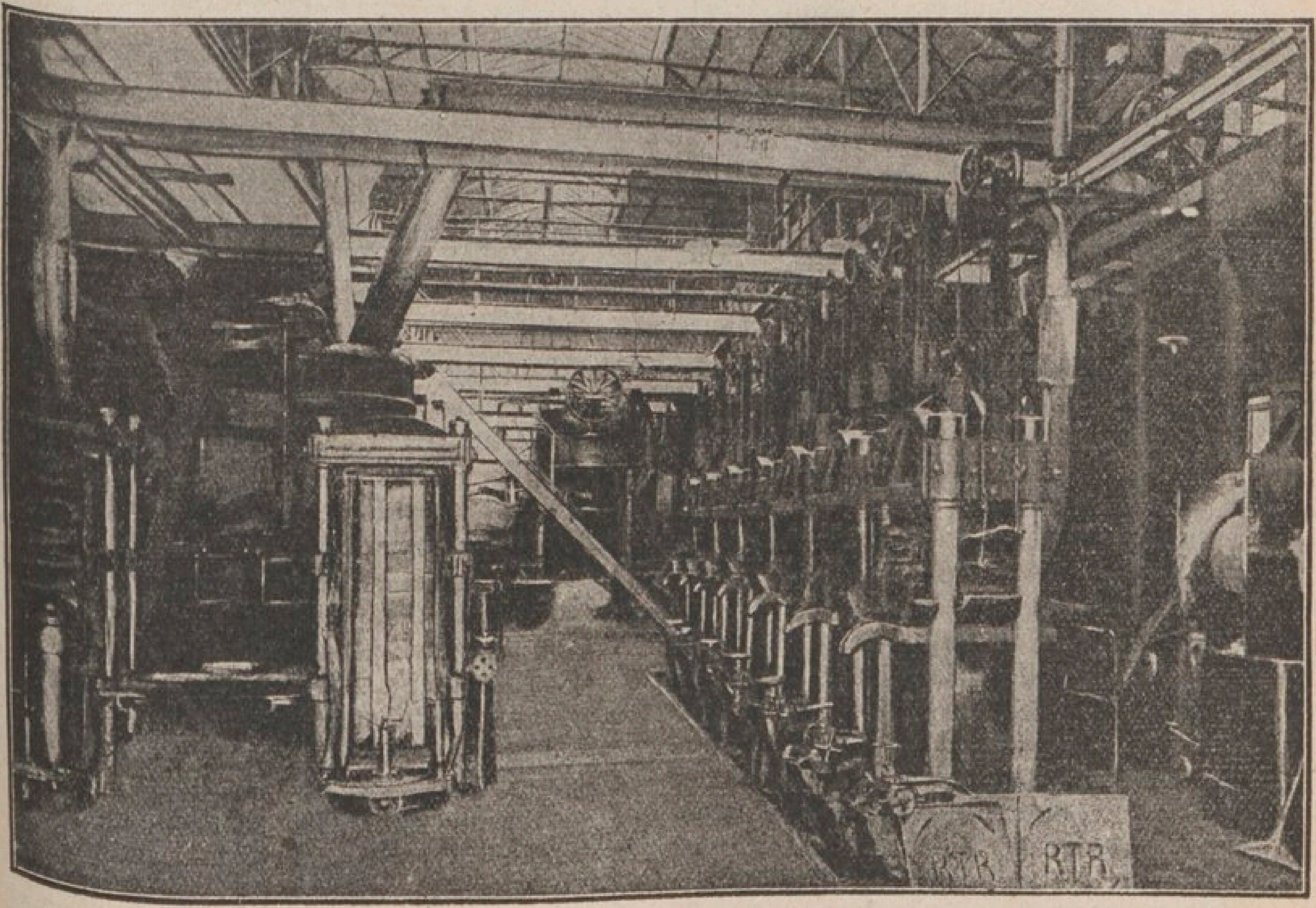
En raison de son origine, de sa nature, de sa composition et de sa pureté, de ses propriétés et de sa conservation prolongée, le beurre de coco épuré a-t-il une valeur hygiénique aussi grande ou plus grande que le beurre ordinaire ou le saindoux quand il est employé pour les usages culinaires ?

C'est ce que nous allons examiner, d'après les analyses complètes des éminents chimistes qui se sont occupés de cette question.

Et, d'abord, le « beurre de coco » est-il un beurre ou une huile? Il est difficile de se prononcer catégoriquement. En effet, la ville de Marseille considère ce produit comme une huile, et tous les chimistes experts de la région sont d'accord pour le considérer comme tel. A ce titre, il a été affranchi des droits spéciaux qui grèvent les beurres.

A Paris, on a été d'un avis différent, et le beurre de coco qui pénètre dans la capitale est rangé dans la catégorie des beurres.

En réalité, il est un mélange de beurre et d'huile. Sa constitution élémentaire, telle qu'elle nous est donnée par Frémy, montre, en effet, qu'il existe dans ce produit exclusivement végétal plusieurs beurres et plu-



INSTALLATION GÉNÉRALE POUR L'EXTRACTION DE L'HUILE DES AMANDES DE COCO

sieurs huiles : on y a trouvé sept acides combinés à l'état d'éthers de la glycérine.

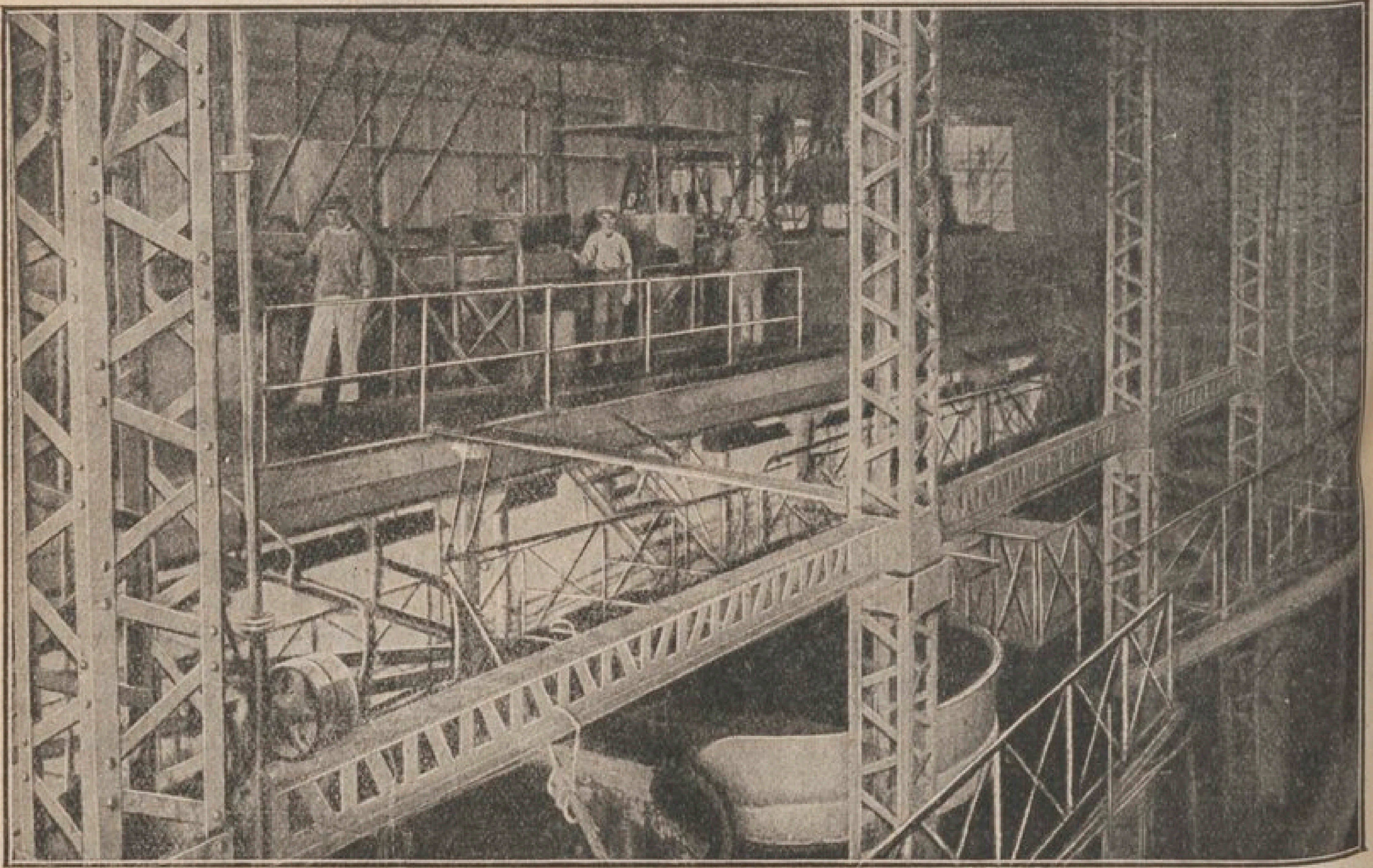
Le beurre de coco brut est composé de laurostéarine, qui est son principal constituant, de lauroléine, palmitine, myristine, butyrine, caprine et caproïne, qu'accompagne une petite quantité d'acides gras libres. Les proportions de tous ces corps sont bien différentes, les premiers formant 95 % du poids total, et l'acide laurique entrant dans la composition du beurre de coco épuré (d'après le chimiste Muntz) pour 87 %.

Il résulte de cette formation complexe que, suivant les modes de fabrication et d'épuration employés, suivant l'élimination plus ou moins parfaite de certains acides, on aura des produits raffinés très différents à tous les points de vue, les acides qui les composent ayant des propriétés bien différentes.

Le principe essentiel de l'épuration consiste à éliminer les acides gras libres, puis, pour prévenir tout dédoublement ultérieur, les corps gras à acide volatil et les éthers de la glycérine volatile, qui sont une cause de rancissement et donnent un goût et une odeur désagréable au produit. Il faut amener celui-ci à n'être composé presque exclusivement que des corps gras des acides laurique, palmitique et oléique, complètement débarrassés, en outre, de toutes les impuretés.

On y parvient en traitant le beurre par un alcali, en le blanchissant et en le soumettant à l'action d'un courant prolongé de vapeur d'eau. Ce traitement offre, en outre, l'avantage de tuer tous les micro-organismes susceptibles de causer plus tard le rancissement. Finalement, le produit est déshydraté avec un soin extrême. Il est alors devenu neutre au goût, consistant et de très longue conservation en raison de sa stérilisation à la vapeur et de sa déshydratation.

Par sa composition, son mode de préparation, il constitue une graisse végétale anhydre, saine et agréable au palais, d'une blancheur de neige qui plaît aux yeux ; elle laisse aux aliments avec lesquels elle est employée leur saveur naturelle et elle est privée des causes de rancissement qui altèrent si rapidement les graisses ordinaires. De plus, celles-ci renfermant ordinairement de 12 à 15 % d'eau, le beurre extrait des amandes de coco doit donc être, à poids égal, d'une valeur nutritive plus élevée de 12 à 15 %.



ATELIER OU S'OPÈRE LE RAFFINAGE DE LA VÉGÉTALINE DANS UNE USINE MARSEILLAISE

Ce n'est, on l'a dit, que depuis 1896, qu'on est parvenu à lui enlever le goût désagréable, *sui generis*, que les procédés antérieurs n'avaient pu faire disparaître. Aussi, en désespoir de cause, les premiers industriels avaient-ils dû cesser leur fabrication.

Les coprahs, ou pulpe de noix de coco desséchée, sont reçus directement, et le plus souvent par chargements complets à Marseille,

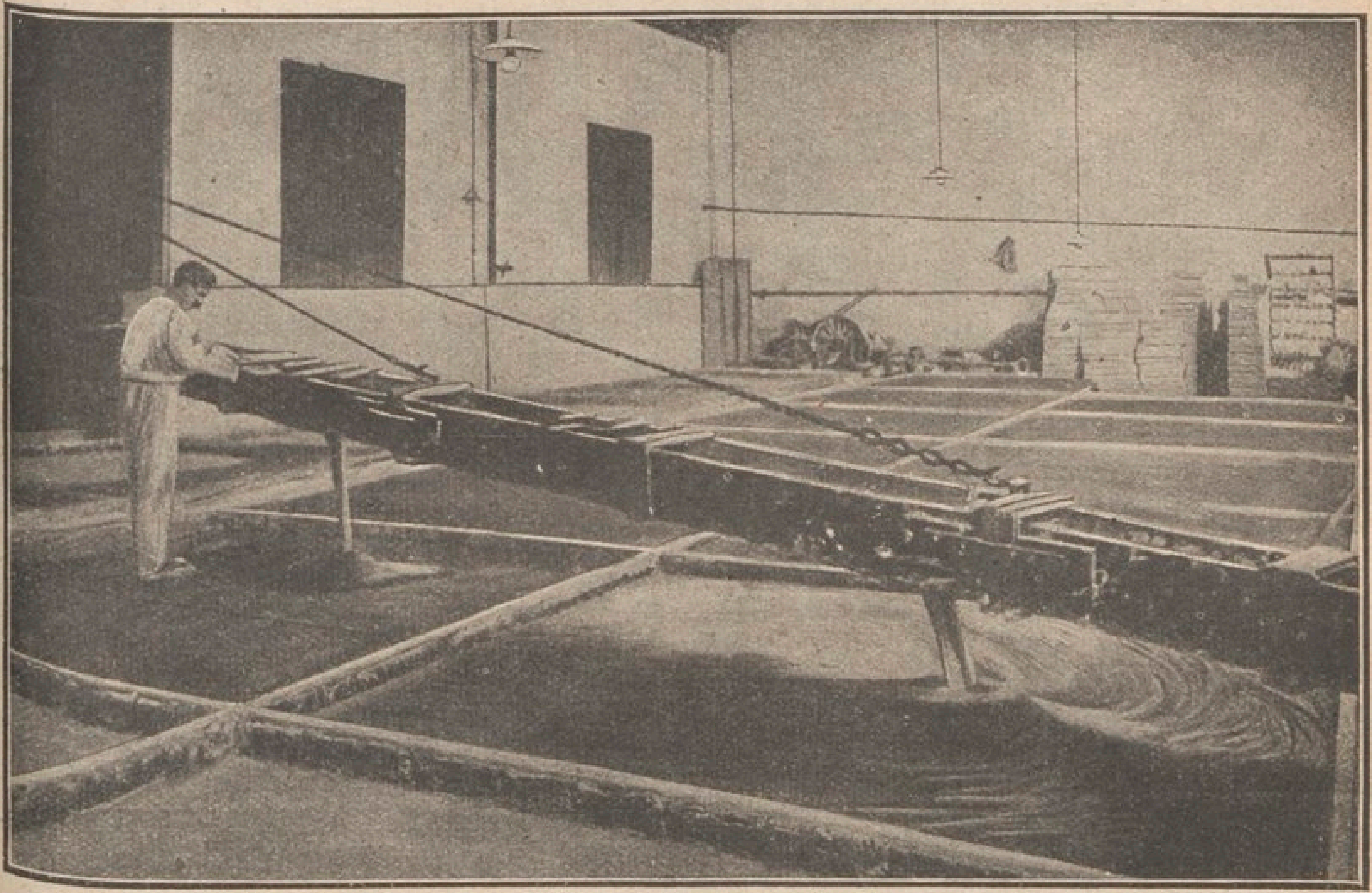
des pays de production : Afrique tropicale, Extrême-Orient, Océanie, Polynésie. Ils sont d'abord broyés, puis chauffés par la vapeur à 60 degrés pendant un temps plus ou moins long et en agitant constamment. Ensuite, on procède à la mise en sacs grossiers, appelés scourtins, lesquels sont faits en poils de chameau, en fibres d'aloès, ou en matières analogues très solides. Vingt-deux de ces scourtins sont empilés sur chaque presse et l'on donne une pression hydraulique de 1.350 kilogrammes par centimètre carré pendant six heures. L'huile s'écoule dans les récipients disposés pour la recevoir. Une passe donne par jour 600 à 650 kilogrammes d'huile avec 1.200 kilogrammes de noix écrasée, laquelle huile est ensuite très soigneusement décantée et filtrée.

Les tourteaux, broyés à nouveau très finement sous des meules, sont chauffés, remis dans les scourtins sous la presse, où ils subissent une seconde pression, laquelle est arrêtée quand ils ne renferment plus que 7 à 8 % d'huile. La seconde expression est, comme la première, décantée et filtrée avec soin.

L'huile de première qualité subit alors le raffinage pour sa transformation en végétaline. La qualité inférieure va à la savonnerie, qui en emploie de grosses quantités. Ce raffinage était pratiqué autrefois par le procédé à l'alcool, mais on l'abandonna car il revenait très cher. Aujourd'hui, on utilise la soude et la vapeur agissant dans le vide. On obtient, comme résidus, des savons directement utilisés en savonnerie.

L'huile brute est d'abord blanchie par agitation pendant trois quarts d'heure à 90 degrés, en présence de 2 % de noir animal, puis traitée par cuisson en mélange avec une quantité suffisante de soude caustique jusqu'à complète neutralisation, c'est-à-dire absence d'acides gras libres qui se sont combinés avec la soude caustique pour former un savon facilement séparable par filtrage, lequel sert ultérieurement de matière première en savonnerie. L'huile est ensuite désodorisée en la débarrassant des essences volatiles qui, ainsi qu'on l'a dit plus haut, lui communiquent une odeur désagréable. On y parvient en faisant agir sur elle des filets de vapeur dans un grand état de division, mais à une température aussi basse que possible et en opérant dans le vide afin d'éviter l'oxydation toujours à redouter. On peut aussi neutraliser à la chaux, procédé qui donne de bons résultats avec certaines huiles.

La végétaline, bien déshydratée par la chaleur dans le vide, a alors l'aspect d'un beurre blanc plus ou moins solide ou onctueux, selon la température ambiante, ino-



TRAITEMENT DE L'HUILE PAR LA SOUDE CAUSTIQUE (COULAGE DU SAVON)

dore, insipide. En été, on l'emballe en boîtes métalliques, en seaux, en barils. En hiver, il suffit d'en former des pains enveloppés dans du papier parcheminé ou huilé.

Pour mettre en évidence la digestibilité et le pouvoir nutritif de la végétaline, MM. Bourat, médecin principal de première classe, et Jean, chef du Laboratoire de la Société française d'Hygiène, prirent un de leurs préparateurs comme sujet d'observation ; cet homme s'astreignit rigoureusement pendant quelques jours à un régime alimentaire spécial calculé sur les bases de la ration d'entretien et conforme aux données physiologiques relatives à la proportion des hydrates de carbone et des matières protéiques.

Les expériences comprirent deux périodes de sept jours chacune, séparées par un intervalle de quarante-huit heures ; pendant la première période, la matière grasse introduite dans l'alimentation a été la végétaline, tandis que, durant la seconde, le beurre de coco a été remplacé par une quantité équivalente de beurre de lait de vache, débarrassé de son eau et de sa caséine.

Pendant la période d'alimentation avec la végétaline, le poids du sujet a augmenté d'un kilogramme, et la digestibilité de la graisse s'est élevée à 97 % (455 grammes de graisse assimilée et comburée sur 475 grammes absorbés, proportion considérable que n'atteint aucune graisse similaire).

La digestibilité du beurre de vache a été de 95,8 %, et le poids du sujet s'est accru dans la même proportion que précédemment. Mais le régime de la végétaline a été beaucoup mieux supporté que celui du beurre, lequel a occasionné un peu de diarrhée et des digestions relativement moins faciles.

Il en résulte donc que la digestibilité de la végétaline serait à peu près égale et plutôt supérieure à celle du beurre de vache.

Nous avons dit, plus haut, que le beurre de coco avait été introduit dans l'armée en 1901. L'alimentation du soldat, pour être complète et rationnelle, doit être mixte, c'est-à-dire composée en certaines proportions par des protéiques ou albuminoïdes, par des hydrocarbonés et par des graisses ; elle doit théoriquement comprendre environ 140 grammes de protéiques, 500 grammes d'hydrocarbonés et 55 grammes de graisse.

En effet, les substances grasses ont une importance capitale dans l'alimentation. Elles constituent, avec les hydrocarbonés, un aliment d'épargne indispensable pour les protéiques ; l'addition de graisse, par exemple de végétaline, au régime alimentaire quotidien, permet de réaliser une fixation importante de protéiques dans les tissus.

En outre, les corps gras sont, avec les hydrocarbonés, le combustible indispensable aux oxydations et réactions chimiques de l'organisme aussi bien qu'à la contraction

LA FABRICATION DES BOITES MÉTALLIQUES POUR L'EMBALLAGE DE LA VÉGÉTALINE

SALLE D'EMBALLAGE DE LA VÉGÉTALINE DANS UNE GRANDE FABRIQUE DE MARSEILLE

musculaire et au travail mécanique. Ils représentent, pour le moteur humain, un apport d'énergie considérable dont la richesse est de beaucoup supérieure à celle de tous les autres aliments ; c'est ainsi que l'énergie libérée par les diverses catégories de substances alimentaires, exprimée en calories, donne les moyennes suivantes : 1 gramme de graisse dégage 9,3 calories, et 1 gramme de protéique, ou d'hydrocarbonés, 4,1 calories. Donc, la valeur énergétique de la graisse est plus grande que celle des autres substances : 100 grammes de graisse équivalent à 225 grammes de protéiques ou d'hydrocarbonés. La végétaline est plus riche en acides gras insolubles que le beurre et le saindoux, puisqu'elle en renferme 98 % au lieu de 86 % pour le beurre et 95 % pour le saindoux ; en outre, des analyses chimiques sévèrement contrôlées démontrent que ses éléments constituants sont 79 % de carbone, 11 % d'hydrogène et 9 % d'oxygène, tandis que, d'après Berthelot, les graisses animales contiennent 70 à 76 % de carbone, 12 d'hydrogène et 10 à 11 d'oxygène.

Ainsi, la composition élémentaire du beurre de coco, comme sa richesse en acides gras insolubles, semblent en faire un producteur puissant de chaleur organique, un aliment supérieur à toutes les autres graisses.

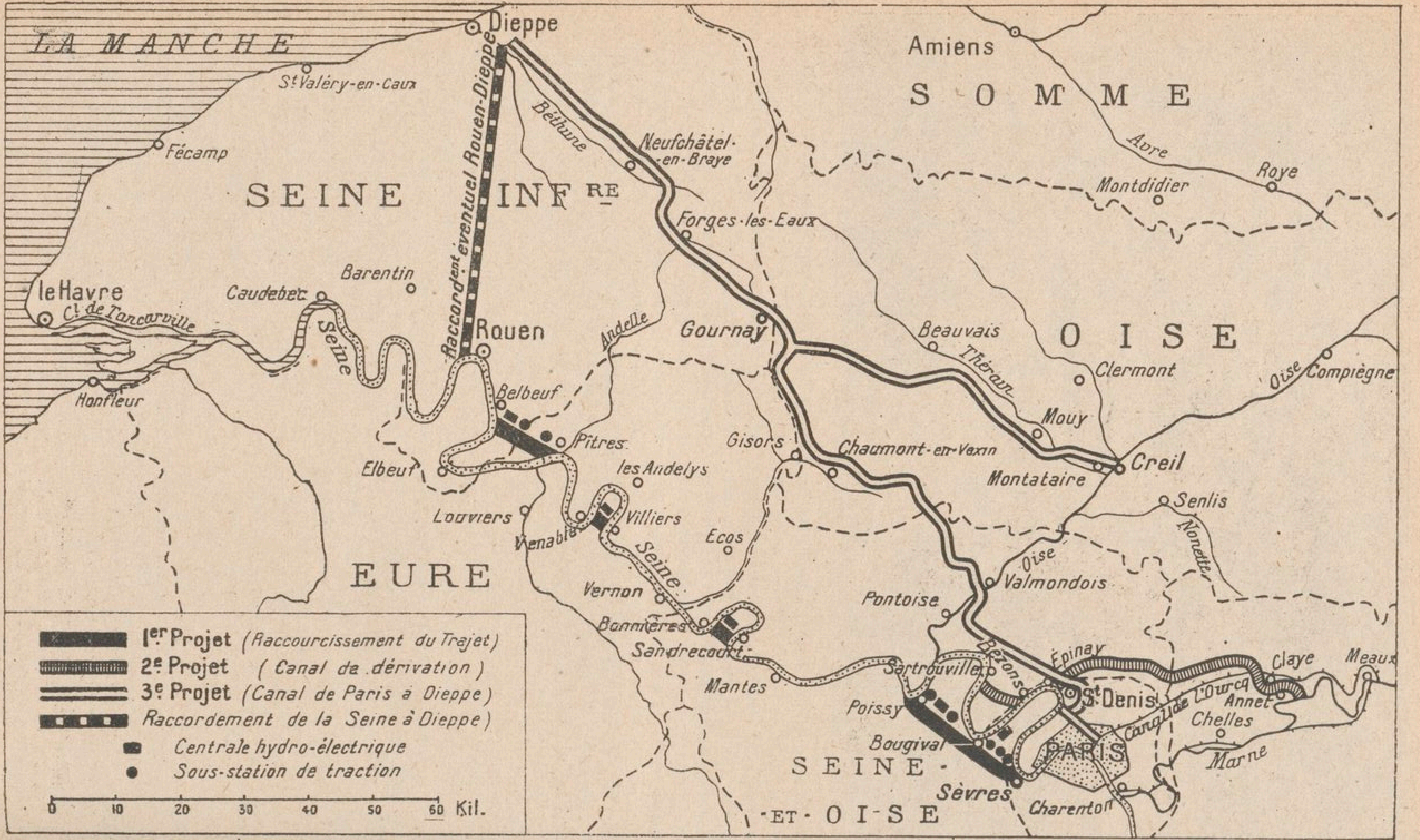
Dans les corps de troupes, dans les hôpitaux civils et militaires où il est en usage, soit en remplacement du saindoux, soit mélangé avec lui, il n'a pas donné lieu au moindre inconvénient et on n'en a fait que des éloges. Il présente les mêmes avantages que le saindoux et permet, comme lui, tous les modes de cuisson de la viande : rôti, ragoût, friture, ainsi que les diverses préparations de légumes. La cuisson ne modifie ni sa nature, ni sa composition chimique ni ses propriétés organoleptiques.

En raison de son origine végétale, de son mode de fabrication et de sa pureté, la végétaline notamment ne paraît exposée, dès l'origine, à aucune souillure ou contamination parasitaire ou microbienne.

Elle est, on l'a dit déjà, de conservation parfaite ; elle résiste mieux qu'une autre graisse à l'action des microbes et des ferments; après plus de six mois, elle ne rancit pas, tandis que les meilleurs beurres ou saindoux se conservent peu et rancissent vite en prenant une odeur et une saveur caractéristiques qui les rendent inutilisables ou dangereux pour la préparation des aliments. « Après un séjour de cinq mois à bord des navires et dans les colonies, la végétaline est demeurée parfaite de goût et contenant à peine quelque trace infinitésimale d'acide volatil ou soluble », dit le chimiste Milliau.

N'empêche que les ménagères ont encore pour le beurre une affection indéracinable.

RAYMOND GUIMBERT.



CARTE MONTRANT LES TRACÉS DES TROIS PROJETS ÉTUDIÉS EN VUE DE REMÉDIER AUX INONDATIONS PROVOQUÉES PAR LA SEINE ET DE RELIER PARIS A LA MER PAR DES VOIES D'EAU AUSSI DIRECTES QUE POSSIBLE ET ACCESSIBLES A DES CHALANDS DE FORT TONNAGE

POUR ÉCARTER DE PARIS LE DANGER DES INONDATIONS

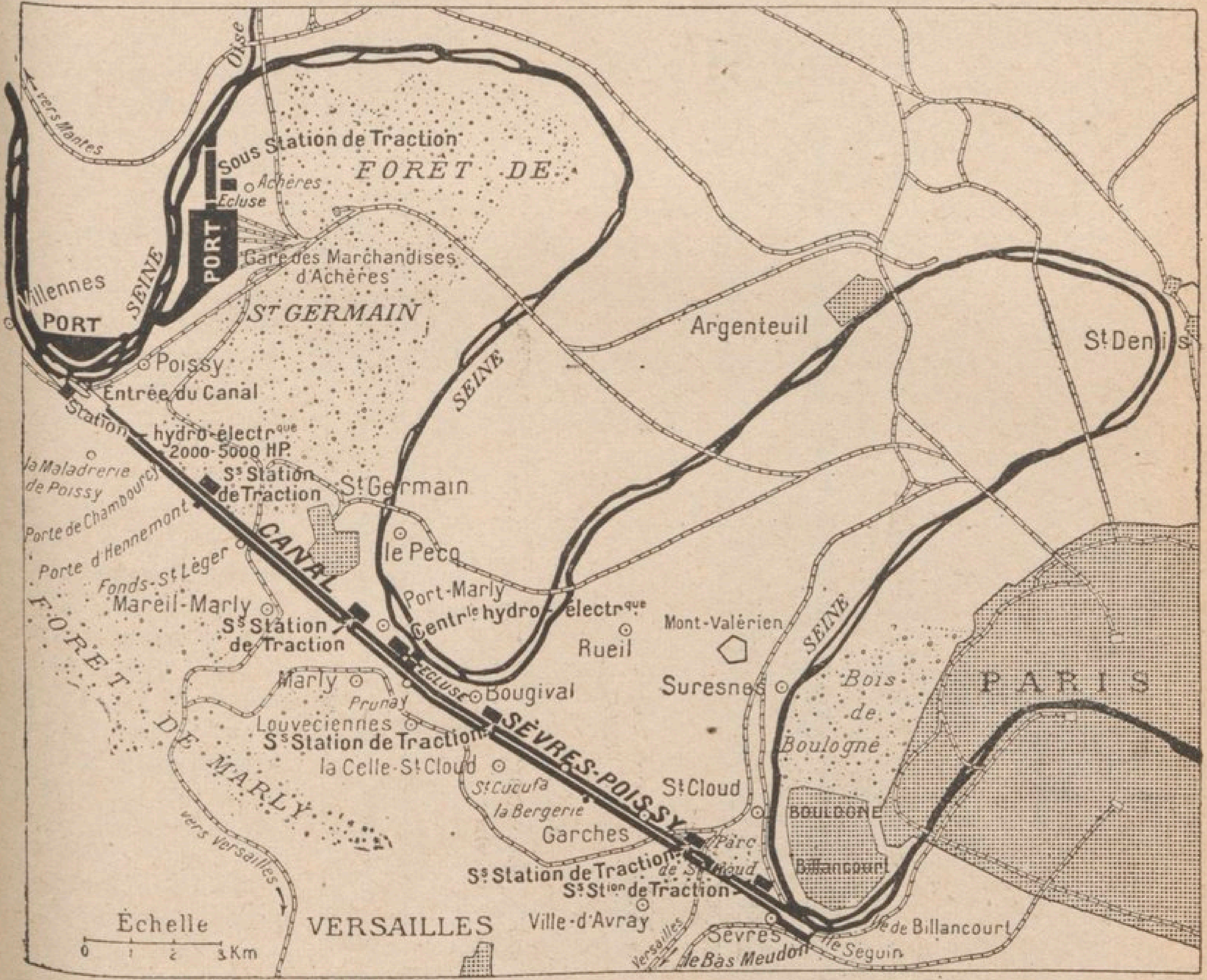
Par Marcel RÉAL-VIGNET

En examinant la carte du bassin parisien, on s'aperçoit que la capitale de la France est construite au centre d'une cuvette où un réseau hydrographique important vient converger de toutes parts.

Le terrain sur lequel se trouvent bâtis Paris et sa banlieue est un terrain imperméable sur lequel courent de nombreux cours d'eau. On en compte vingt-trois en amont de la capitale sur une surface qui ne dépasse pas en totalité 100 kilomètres carrés, soit un cours d'eau en moyenne pour 4 km. 050.

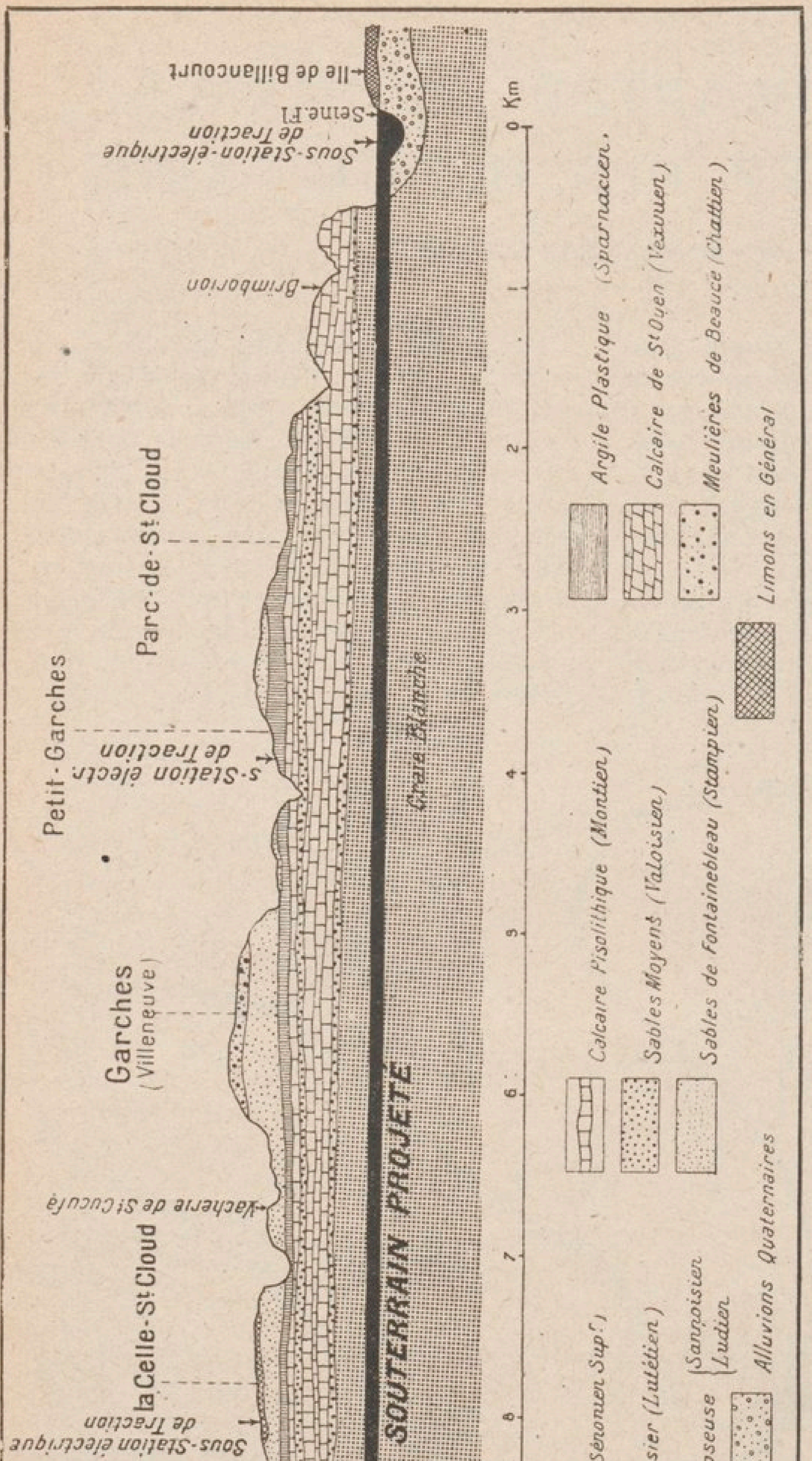
Les artères principales du bassin sont : la Seine, l'Yonne, l'Aube, la Marne, l'Oise et l'Aisne. La Seine, après avoir été grossie de l'Aube et de l'Yonne, coule en ligne droite et en pente douce jusqu'à Paris. Elle reçoit, aux abords immédiats de la ville, la Marne qui, ainsi que l'Yonne, a un caractère torrentiel ; ces rivières sont toutes les deux excessivement dangereuses par leurs crues subites.

La Marne, dans la Brie (terrain imperméable), reçoit le Grand-Morin et son affluent l'Aubetin, puis le Petit-Morin, qui



CARTE MONTRANT LE TRACÉ DU CANAL SOUTERRAIN DOUBLE ENTRE SÈVRES ET POISSY

Le halage électrique des convois de péniches pourra avoir lieu d'une manière très économique, puisque le canal actionnera lui-même deux centrales hydro-électriques situées à Port-Marly et à Poissy ; elles alimenteront six sous-stations situées à Sèvres, Saint-Cloud, Bougival, Port-Marly, Hennemont et Achères.



COUPE GÉOLOGIQUE DU DOUBLE CANAL SOUTERRAIN PROJETÉ ENTRE BILLANCOURT ET POISSY (LES MIGNAUX)

Cette figure montre la portion des travaux entre Billancourt et l'aqueduc de Marly. On trouvera l'autre section à la page suivante.

prend naissance dans la craie blanche de la Champagne ; le ru de Vergès, le Surmelin ; puis, sur sa rive gauche, le Clignon et l'Ourcq qui sourdent du plateau argileux de la Brie.

Tous ces cours d'eau sont très à redouter à la suite de pluies persistantes et tiennent de la nature des torrents. Ceci explique pourquoi la Marne avec ses affluents, le Morin et le Petit-Morin, est si redoutée des Parisiens, car sa vallée étendue forme, avec celles de l'Yonne et de l'Aube, un réservoir toujours prêt à déverser son trop-plein sur Paris.

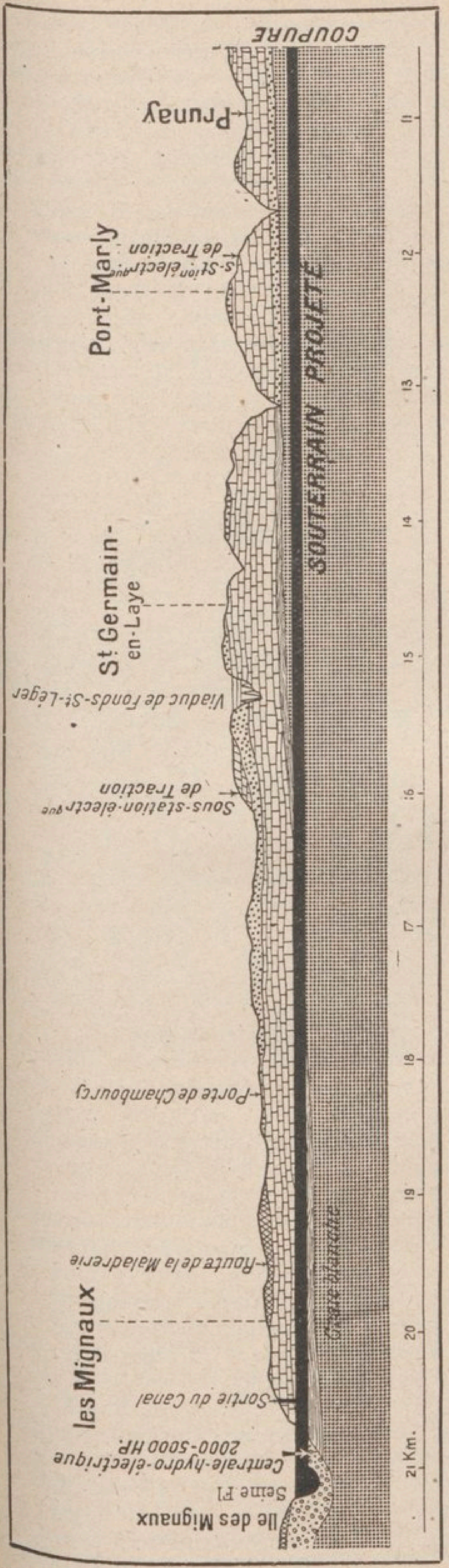
La Seine offre à Paris un débit moyen d'étiage de 75 mètres cubes par seconde. Par sécheresse exceptionnelle, ce débit s'abaisse, mais rarement, à 40 mètres cubes. En revanche, le débit habituel des grandes crues annuelles est d'environ 1.384 mètres cubes en moyenne par seconde. Pendant l'inondation de 1658, la moyenne du débit a été de 2.400 mètres cubes, et, en 1910, d'après l'ingénieur en chef du service des crues, la Seine a roulé 3.000 mètres cubes à la seconde, c'est-à-dire 180.000 mètres cubes à la minute, soit un total de 10 *millions* 800.000 *mètres cubes* à l'heure.

Qu'a-t-on *fait* pour parer à ce cataclysme ?

Jusqu'à présent, on peut répondre : rien !

Qu'a-t-on *prévu* pour éviter ce danger ?

Des ingénieurs de grande valeur récla-



COUPE GÉOLOGIQUE DU DOUBLE CANAL SOUTERRAIN (SECTION COMPRISE ENTRE L'AQUEDUC DE MARLY ET LES MIGNAUX)

ment inutilement depuis longtemps la création d'une soupape de sûreté, la mise en œuvre d'un canal devant assurer le débit de l'eau des crues bien loin en *aval de Paris.*

D'autres ingénieurs préconisèrent l'approfondissement du lit de la Seine, de Suresnes à Poses, frontière extrême du bief de Vernon, et une commission fut nommée pour cette étude. Or, cet approfondissement seul coûterait en ce moment la bagatelle d'environ 300 millions et ne servirait à rien, attendu que seule l'exagération d'une pente peut amener le dégagement plus rapide des eaux. Cette dernière opinion est soutenue par M. Lemarchand, l'éminent conseiller municipal parisien.

La même commission de l'approfondissement du lit de la Seine demandait, en outre, une dérivation de la Marne partant d'Annet et aboutissant à Epinay. Cette dérivation permettait, d'après cette commission, d'abaisser de 1 m. 20 le niveau de la Seine à Paris ; elle devait être navigable et aurait eu un débit moyen de 500 mètres cubes par seconde. Le coût actuel de cette dérivation serait d'environ 600 millions. Pour l'exécution de ces travaux, cette commission disait, en outre : « qu'il fallait environ sept années pour protéger Paris », et son président concluait ; « *il faut qu'on se dépêche* » ; des travaux analogues ont été décidés, puis abandonnés, sans esprit de retour, après chaque inondation.

« L'idée de la plupart des travaux indiqués par nos commissions date de 1551 près de quatre siècles, — à mesure que le temps passe, le souvenir des heures douloureuses s'efface. »

Malgré tous ces engagements, il n'a encore rien été fait et la dernière crue de 1919 a failli tourner au tragique, comme les précédentes.

Passant sous silence l'exposé d'environ vingt-cinq projets qui, tous, à peu près, se ressemblent, on peut réduire à trois le nombre de ceux dont l'étude a été poussée à fond et qui peuvent prétendre à réaliser l'idée si souvent émise de Paris port de mer :

1° Projet Bouquet de la Grye (Seine) ;
2° Projet Paris-Rouen (Seine maritime) ;
3° Projet Gennevilliers-Dieppe (Canal).

Le regretté Bouquet de la Grye, dans son projet, ne parle que d'une Seine maritime équipée jusqu'à Rouen. Dans ces dernières années, cette idée a été reconnue fort réalisable ; aussi, le projet de Paris port de mer fut-il souvent le tremplin électoral de nombreux candidats aux mandats électifs.

Il a subi toutes les enquêtes. Sept rapports parlementaires lui ont été favorables. Il a été réclamé par la majorité des chambres de commerce, de nombreux inspecteurs généraux des ponts et chaussées l'ont approuvé,

et finalement 345.000 Parisiens en ont demandé l'exécution rapide par leur vote.

En quoi consistait ce projet si appuyé ?

A créer une Seine insuffisamment approfondie à 6 m. 20 en coupant certains méandres du fleuve devant Sartrouville et Bezons, puis entre Pont-de-l'Arche et Oissel.

La longueur totale entre Rouen et Paris tombait à 185 kilomètres, apportant une diminution de 65 km. 5 sur le parcours actuel de la Seine et n'excédant que de 47 kilomètres celui du chemin de fer de Paris à Rouen.

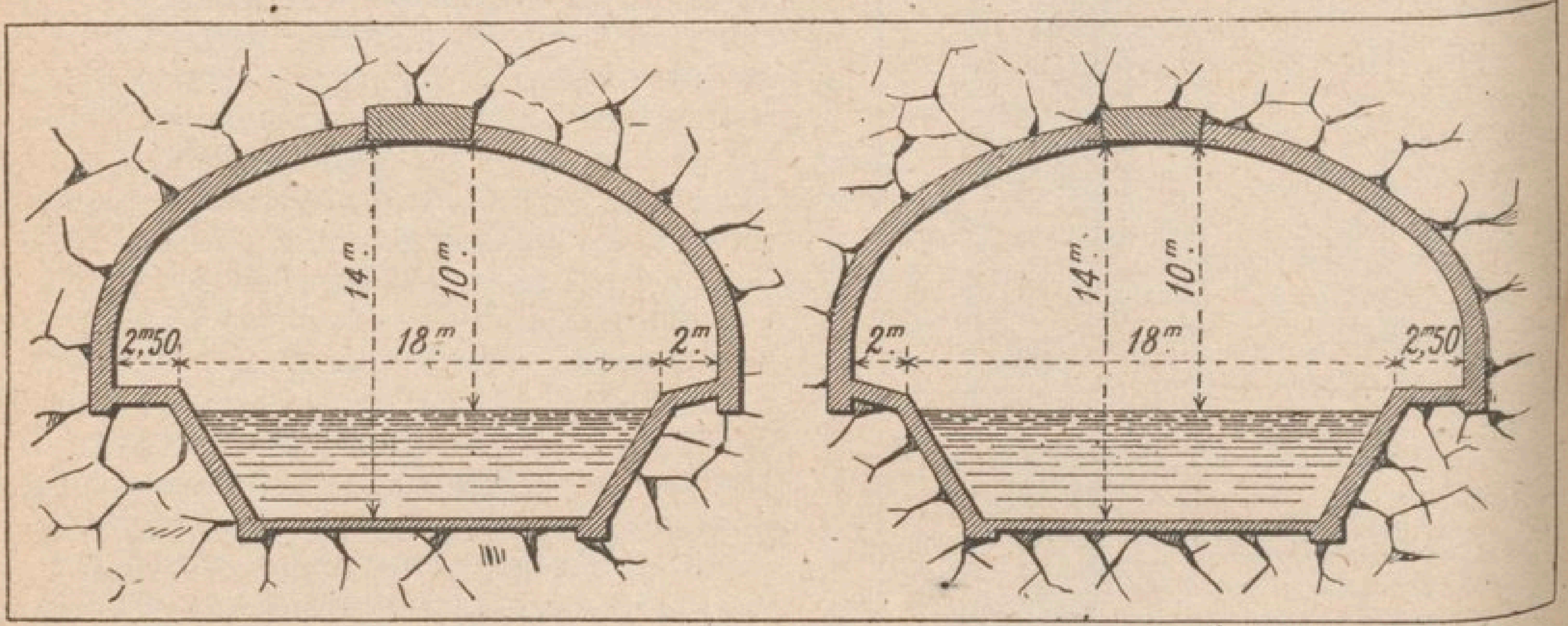
La profondeur moyenne, 6 m. 20 à l'étiage, pouvant être successivement augmentée par de simples dragages, les seuils d'écluses étaient établis à une profondeur de 8 mètres.

de marchandises fût strictement respecté.

Deux dérivations de quelques kilomètres auraient été créées à la voie ferrée actuelle :

La première, en amont de Pont-de-l'Arche, avant d'arriver au canal pour rejoindre le tunnel à créer à Tourville, en passant par Pont-de-l'Arche ; le canal restait ainsi continuellement sur la droite du chemin de fer sur ce point du parcours, de même qu'entre Sartrouville et Bezons.

La deuxième dérivation était faite à Saint-Etienne-du-Rouvray ; un pont sur la Seine était jeté en amont de celui de Brouilly avec un tablier surélevé, et un nouveau tunnel était creusé en amont de l'ancien ; le raccordement de ces deux voies se faisait



PROFIL SCHÉMATIQUE DU TUNNEL DOUBLE ENTRE BILLANCOURT ET POISSY

L'écartement réel des extrados des deux voûtes est de 50 mètres, ce qui a permis de réserver une colonne de soutien suffisante pour empêcher tout glissement dans les terrains surmontant les voûtes.

Le chenal devait offrir une largeur normale de 35 mètres au plafond et de 45 mètres dans les courbes, c'est-à-dire le double de la largeur actuelle du canal maritime de Suez.

Le rayon des courbes, sur la totalité du parcours, était de 1.500 mètres au minimum.

A la place des huit barrages actuels faisant monter le niveau de deux ou trois mètres, quatre barrages (Poses, Méricourt, Poissy-Achères et Sartrouville), formant quatre biefs, permettaient aux navires de franchir 7 à 8 mètres de hauteur, ce qui est parfaitement acceptable lorsqu'on n'a pas à ménager l'eau des écluses, ce qui est ici le cas.

Le pont existant de Clichy formait limite, *les dragages ne le dépassaient plus.*

Les bassins du port maritime de Paris devaient être créés entre Saint-Denis et Clichy.

Les cinq ports fluviaux secondaires désignés étaient, dès l'origine, établis à Poissy, Achères, Mantes, Vernon et aux Andelys.

L'importance du trafic du Havre et de Rouen aurait exigé que le service des trains

donc à la sortie dans la direction de Rouen.

Aucune ligne ferrée n'était touchée par le canal maritime. Les ponts routiers à grand trafic étaient surélevés ou rendus pivotants.

Les ponts routiers devaient s'ouvrir pour la navigation, car, disait-on, on ne pouvait songer à arrêter, pour faciliter le passage d'un camion, un navire représentant le contenu de deux trains de marchandises. On avait donc prévu pour cela des ponts routiers tournants.

De Paris à Rouen, le projet définitivement arrêté comprenait onze ponts mobiles. Les tabliers de tous les autres devaient être relevés, pour garantir une circulation permanente.

La vitesse réduite à 12 kilomètres, pour protéger les berges, les navires de 6 mètres de tirant d'eau auraient pu, de Rouen à Clichy, en dix-sept heures, franchir le parcours.

Les ingénieurs chargés de l'étude estimaient pouvoir exécuter l'intégralité du projet Bouquet de la Grye en six années.

Les dépenses seraient, au prix actuel, au bas mot, de plus de 700 millions de francs.

Les dragages constants nécessaires occasionneraient des frais considérables, tout juste amortis par les droits de péage que l'on pourrait appliquer aux navires.

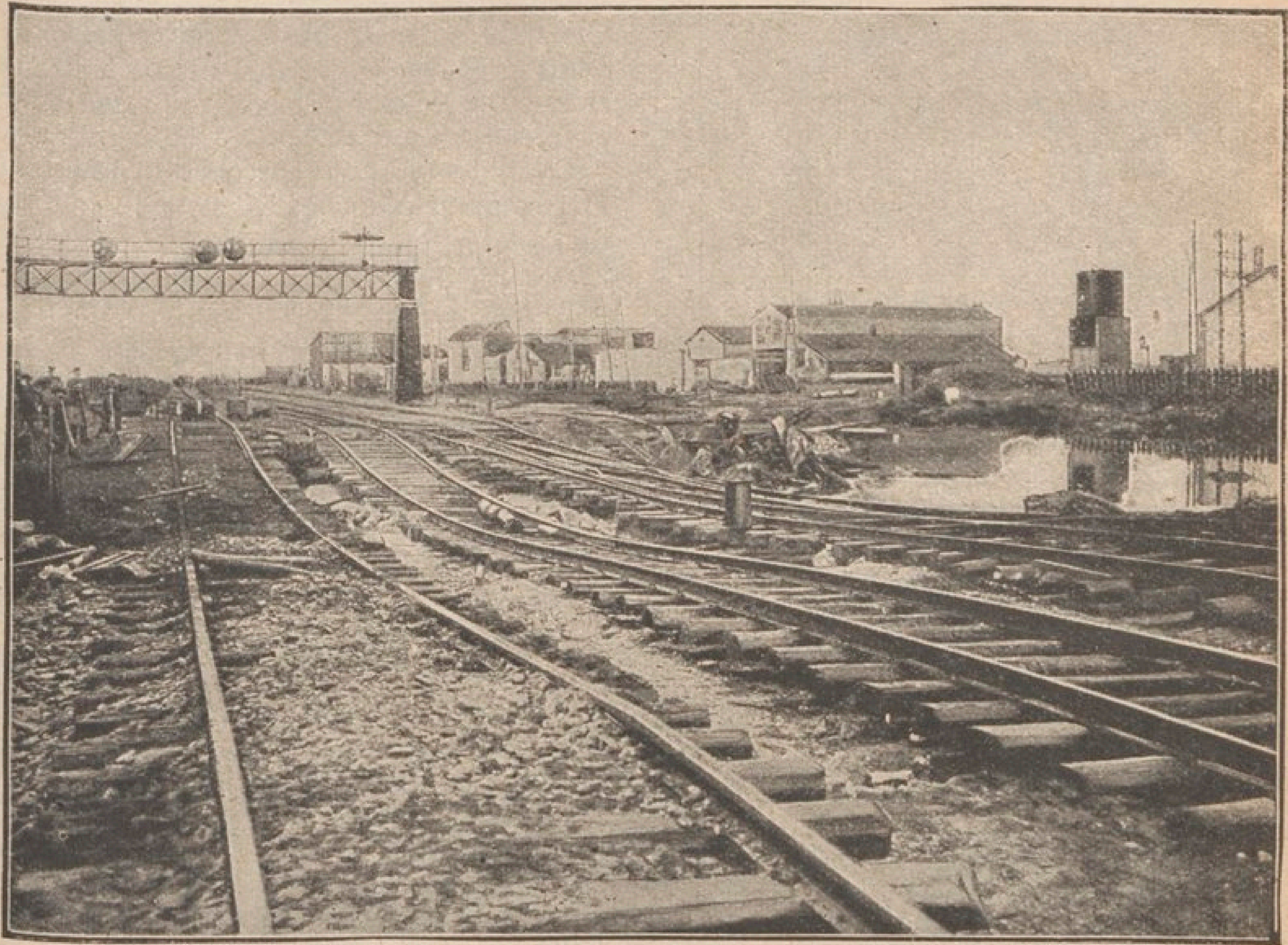
Telles sont les grandes lignes de Paris port de mer, projet Bouquet de la Grye, qui ne peut malheureusemeut pas remplir le but de dégager Paris d'une inondation quelconque.

Nous avons dit plus haut que la vitesse de la Seine ne pouvait être augmentée par le creusement de son lit, cette exagération ne pouvant se produire que par une déclivité plus grande, impossible à réaliser dans ce cas.

Le second projet dit de la « Seine maritime » (projet Paris-Rouen), a été, quant à sa première section, entre Sèvres et Poissy, ébauché dans une étude de A. Petit, présentée dès l'année 1912. Il a été conçu avec le plus grand soin pour éviter le retour des inondations à Paris, en augmentant la capacité du débit des eaux en aval de la ville, et en portant ce débit au point le plus éloigné, vers la mer.

Pour ne pas affecter sans rendement des sommes considérables à l'obtention de la sauvegarde de Paris, malgré tout l'intérêt que le cas présente, on a envisagé la possibilité de recettes importantes susceptibles d'assurer l'amortissement du capital engagé, et que l'on évalue à 350 millions environ.

Dans ce but, on a mis en concordance le problème de l'évacuation des eaux avec celui d'une navigation pratique, d'un service de batellerie rémunérateur, réalisant ainsi presque toutes les idées émises sur Paris port de mer, et cela avec une dépense beaucoup moindre que dans le projet précédent.



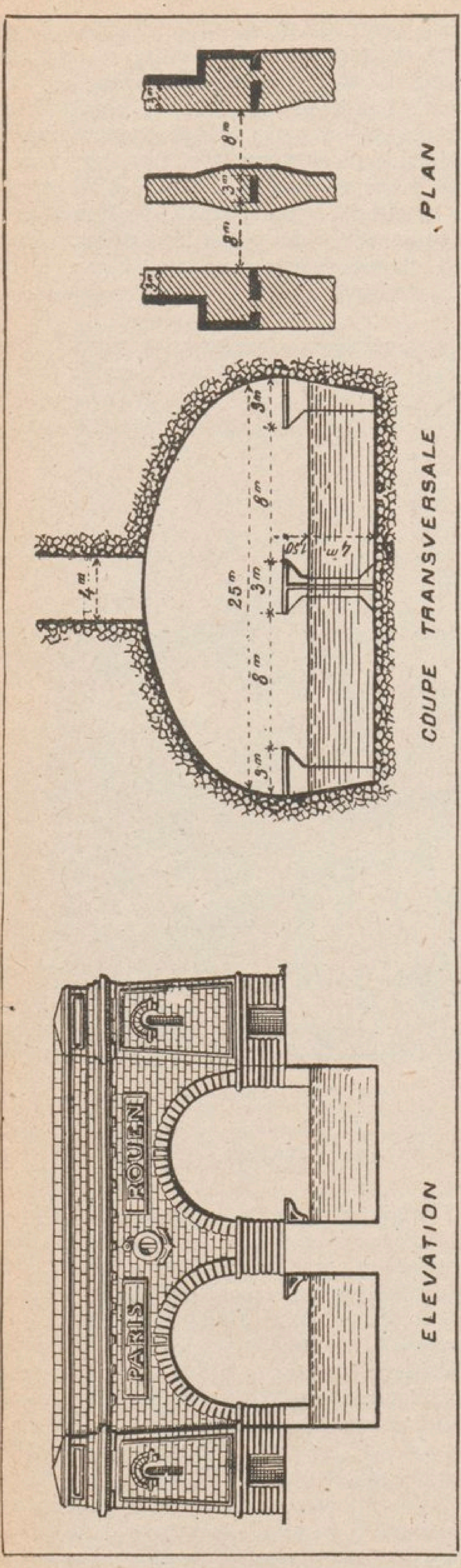
LA LIGNE DU P.-L.-M. A MAISONS-ALFORT APRÈS L'INONDATION DE 1910

On se rend compte, en examinant cette photographie, du travail de dévastation accompli par les eaux. Les Allemands n'ont pas mieux fait en pays envahi sur nos réseaux du Nord et de l'Est.

L'origine du tracé de ce projet est à Sèvres, en face de l'île Seguin. Deux larges canaux souterrains, écartés de 50 mètres l'un de l'autre, pénètrent sous les collines de Meudon et se dirigent vers Bougival et Poissy en traversant, comme nous l'indique la coupe géologique (voir pages 518 et 519), un banc de craie compacte extrêmement facile à perforer.

Ces canaux souterrains sont nécessaires, car ils sont les seuls remplissant le but de dégager Paris des inondations en doublant, vers l'aval, le moyen d'évacuation des eaux des crues à la sortie même de la capitale.

De plus, particularité très intéressante, par



PROJET PARIS-ROUEN : CANAL SOUTERRAIN ENTRE LE CONFLUENT DE L'ANDELLE ET BELBEUF

suite de la différence de niveau existant entre Sèvres et Poissy, une chute importante peut y être produite, chute permettant d'assurer, sans gros frais, la traction électrique des chalands sur la plus grande partie du parcours de la voie d'eau Paris-Rouen.

Il semble également démontré que le capital engagé dans l'entreprise (350 à 400 millions) doive être amorti très rapidement par les recettes considérables réalisées.

De plus, la réduction du parcours entre Paris et Rouen (près de 100 kilomètres), l'économie de temps considérable obtenue (les chalands ne mettant pas deux jours pour venir de Rouen à Paris), l'économie de traction enfin, donnent à ce projet une double et réelle valeur technique et économique.

La réduction de parcours de 100 kilomètres annoncée s'obtient comme suit par :

La suppression des deux boucles de Saint-Denis et de Saint-Germain, faisant réaliser une première économie très appréciable de.......	47 km.
La coupure de la boucle de Sandrecourt-Bonnières....	13 km. 500
La coupure de la boucle des Andelys (Villiers-Venable).	13 km.
Enfin, la coupure de la boucle d'Elbeuf (Pitres-Belbeuf)..	24 km. 800
D'où une réduction totale du parcours de..............	98 km. 300

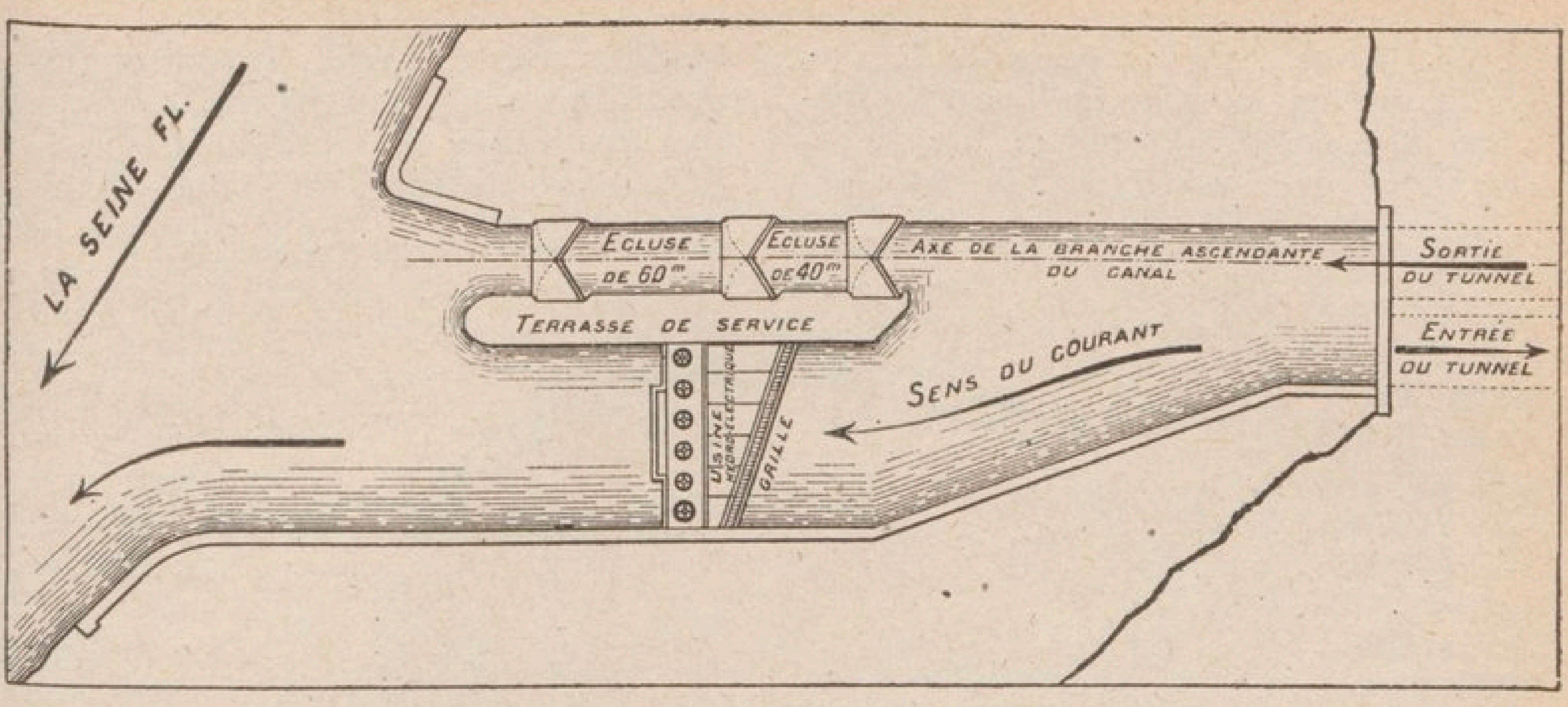
Le double canal partant de Sèvres, au sud de la station de Bellevue, endroit où la retenue des eaux du bief de Suresnes atteint la cote 27 mètres, se dirige en ligne presque droite (sauf une légère inflexion vers le centre) vers l'aval de Poissy, au nord des Mignaux, où la retenue des eaux du bief d'Andrésy est à la cote 17 m. 60, soit une différence de niveau entre l'amont et l'aval de 9 m. 31.

Les souterrains passent sous les territoires de Sèvres, Saint-Cloud, Garches, Vaucresson, la Celle-Saint-Cloud, Bougival, Port-Marly, St-Germain-en-Laye, Chambourcy et Poissy au nord-nord-est du lieu dit la Maladrerie.

Ils ont ainsi une longueur de 21 kilomètres, et, à cette extrémité, vers Poissy, un bief sera construit pour maintenir l'eau et en faciliter l'accès à la batellerie (grande écluse double).

Ce premier tronçon du projet est celui qui opère le plus directement le dégagement du cours de la Seine dans l'intérieur de Paris.

Les coupures faisant partie du deuxième tronçon du projet auront également une influence à cet égard, mais cette influence sera forcément moindre que celle du tunnel double établi parallèlement aux deux grandes

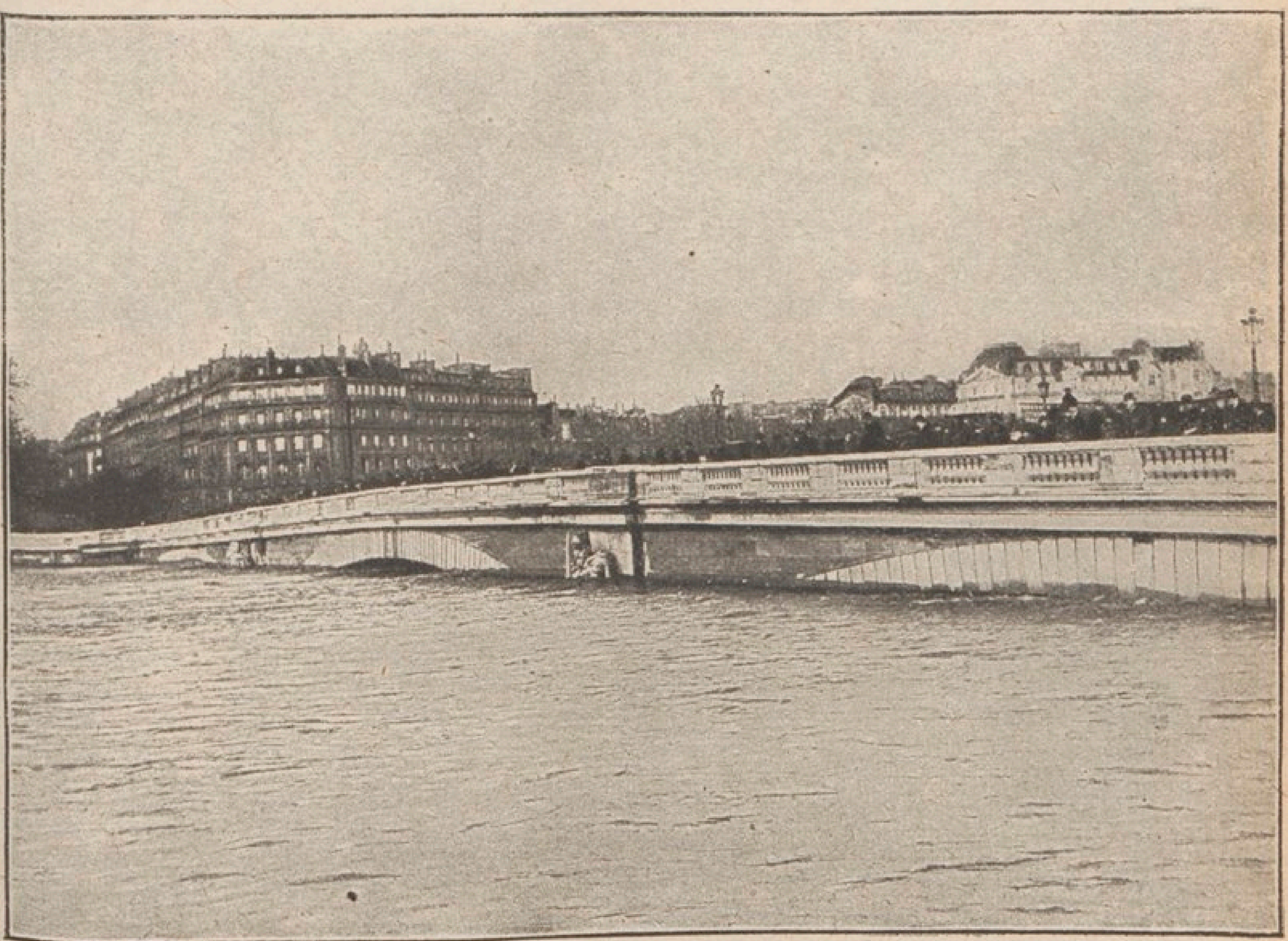


L'ÉCLUSE DOUBLE ET L'USINE HYDRO-ÉLECTRIQUE PROJETÉES A POISSY

boucles de la Seine de Billancourt à Poissy.

Ce projet est rémunérateur, parce qu'il assure en même temps une navigation pratique et un exutoire supplémentaire à l'eau en excès. Cependant, si la navigation exige un courant relativement lent, l'efficacité du dégagement des crues requiert, pour le rendement maximum de l'artère nouvelle, un courant aussi rapide que le permet la construction des berges et la disposition du radier.

Le problème est solutionné en établissant, durant toute la période de débit normal où la Seine est accessible à la navigation, un fond artificiel réalisant une pente modérée. Le fond naturel du canal serait créé de façon à réaliser une pente plus inclinée que celle des berges, ce qui, une fois toutes les vannes ouvertes pendant la période des hautes eaux, produirait un courant rapide en vue de l'évacuation d'un volume considérable des



LE MAXIMUM ATTEINT PAR LA GRANDE CRUE DE 1910 AU PONT DE L'ALMA

eaux du fleuve vers la région de Rouen.

La description suivante indique très brièvement la disposition technique prévue :

Des vannes de chasse fixées à la sortie établiraient le dégagement du canal double au fleuve suivant la pente variable du fond creusé, tandis que, ces vannes étant fermées, la pente artificielle du fond s'établirait par une ligne idéale tracée depuis le niveau supérieur des vannes de chasse de sortie d'eau.

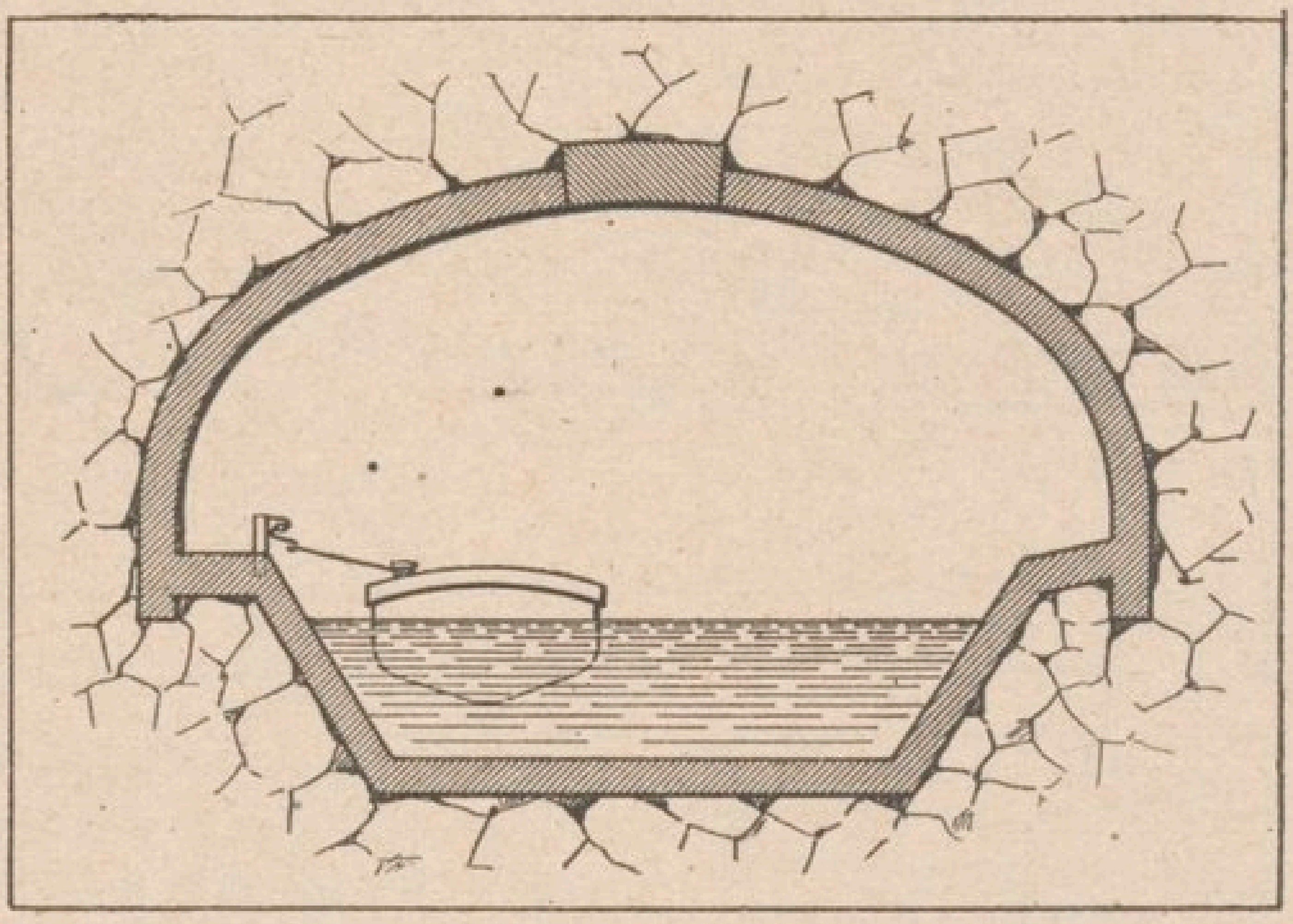
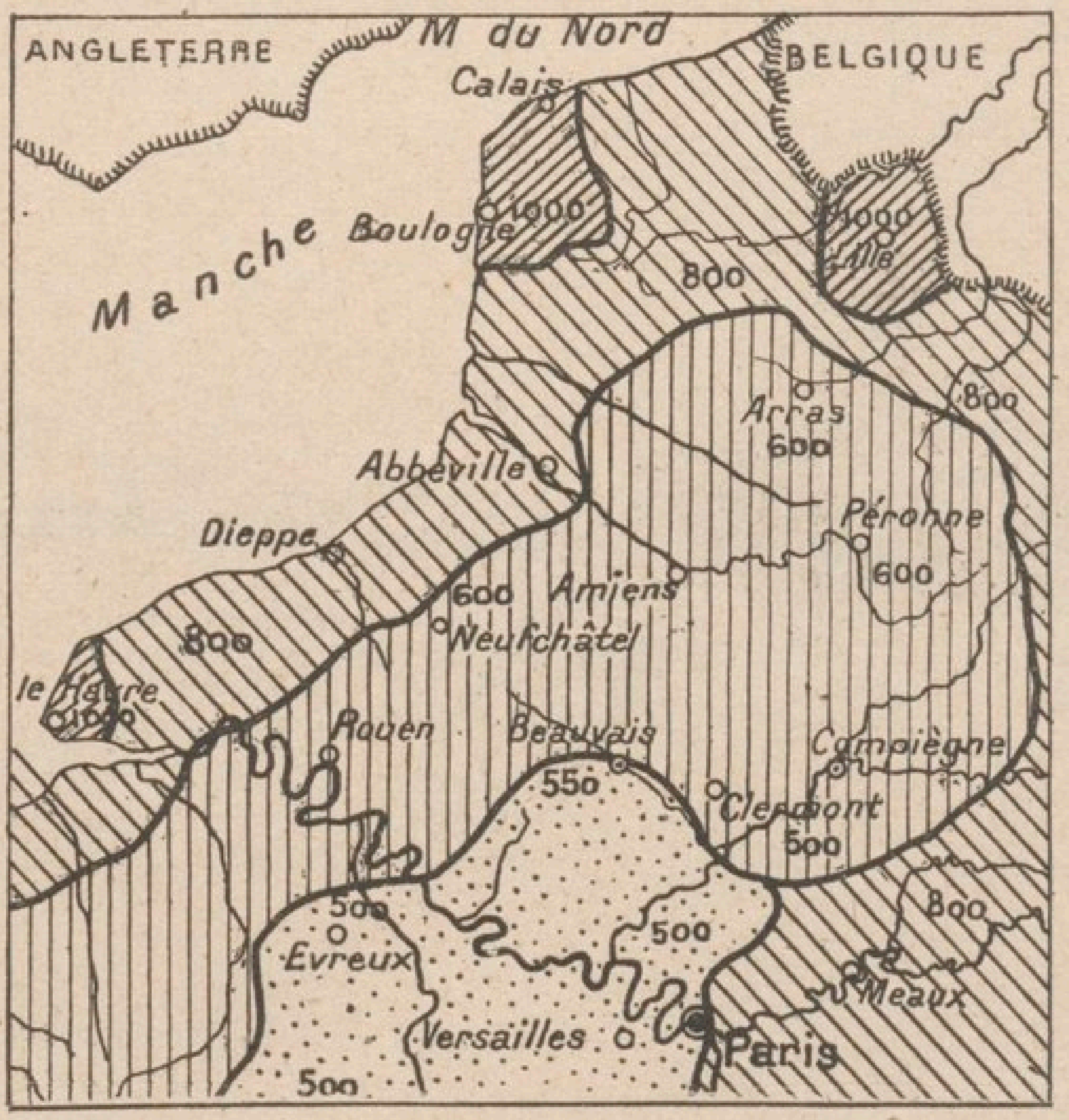


SCHÉMA DU HALAGE ÉLECTRIQUE PAR CABLE DIRIGÉ DANS L'UN DES CANAUX SOUTERRAINS

En admettant pour la période de navigation une pente de 0,0001 m. par mètre, on créerait une vitesse se rapprochant de 0 m. 90 par seconde, vitesse qui n'est pas excessive pour la traction mécanique des chalands.

La différence des niveaux supérieurs de l'eau entre l'entrée à Meudon-Sèvres et la sortie à Poissy serait approximativement de 2 mètres. La différence de niveau totale entre les niveaux moyens de la Seine en ces deux endroits est de 9 m. 30. Il restait donc une différence de niveau moyenne de 7 m. 30 entre le niveau du double canal et le niveau de la Seine au point d'arrivée à Poissy-Villennes.



CARTE PLUVIOMÉTRIQUE DE LA BASSE SEINE

Les divers genres de hachures correspondent aux régions définies par les chiffres indiquant les chutes d'eau annuelles en millimètres.

La section efficace du canal réalisée en deux parties séparées serait d'environ 123 mètres carrés et son débit total, dans ces conditions, serait donc très voisin de 110 mètres cubes.

En temps de crue, les vannes de chasse ouvertes, la différence de niveau depuis le fond d'entrée à Meudon au fond de sortie à Poissy serait de 5 mètres, ce qui correspond à une pente faible de 0.00025.

La vitesse de l'eau atteindrait, dans ces conditions, un minimum de 2 mètres à la seconde, ce qui produirait un débit d'à peu près 220 mètres cubes, sans compter la surélévation de niveau à l'entrée qui augmenterait notablement le débit total pendant les grandes crues.

La moyenne des crues observées donne à peu près 1.390 mètres cubes à la seconde, correspondant à une élévation de niveau variable selon le profil en travers du fleuve aux différents endroits et dont la moyenne générale est voisine de 6 m. 40.

Dans la grande crue de 1910, le débit maximum calculé ayant été de 3.000 mètres cubes par seconde, et la plus haute surélévation de niveau observée ayant été de 7 m. 10, on obtiendrait, dans ces conditions, l'élimination par le double canal latéral d'un vo-

lume de près de 600 mètres cubes, quantité qui correspondrait à 20 % du volume d'eau charrié par la crue de 1910, et l'on produirait une baisse de niveau que nous estimons à près de 2 mètres, ramenant la surélévation à 5 m. 10, c'est-à-dire bien *au-dessous des grandes crues ordinaires presque annuelles.*

Il est inutile de dire ici qu'en pratiquant cet abaissement de niveau dans la courbe de Meudon, on dégagerait immédiatement le cours de la Seine dans toute la traversée de Paris et aussi dans sa banlieue amont.

De plus, la masse liquide portée par le canal à plus de 60 kilomètres de Paris, éviterait le refoulement des eaux vers la capitale, refoulement qui, au contraire, aura lieu certainement si l'on envisage la création du canal d'Annet à Epinay, et l'inondation, au lieu de se produire par une descente d'amont de la masse liquide, comme cela arrive actuellement, sera provoquée par une montée d'aval, la vallée de la Seine, à Epinay, n'offrant pas, à beaucoup près, le dégagement possible rencontré bien plus bas, à Poissy.

Pendant ces crues anormales, la section d'admission à l'entrée (si la surélévation du niveau atteint 6 mètres, suivant les prévisions) sera de 400 mètres carrés environ.

Avec une vitesse de 2 mètres à la seconde qu'atteindra le courant, cette section permettra l'évacuation d'un volume d'eau total de *près de 600 mètres cubes,* ce qui répondra pleinement au desideratum énoncé plus haut.

Les derniers échelons des crues, dépassant les prévisions et les dispositions prises contre les inondations, sont les plus dangereux.

Ce sont donc ceux qu'il est important d'arriver à enrayer d'une façon définitive.

L'INONDATION DE 1910 : ON NAVIGUAIT EN BARQUE DANS LE NORD-SUD

Le puissant débit absorbé par le double souterrain Billancourt-Poissy, offre donc une *garantie certaine* contre le retour des grandes inondations comme celles de 1658 et de 1910.

L'autre avantage du projet Paris-Rouen consiste dans la perspective de réalisation de cette partie si importante du programme : navigation pratique sur le fleuve raccourci, et facilité d'équipement de traction électrique réalisée au prix le plus réduit, la force motrice nécessaire pour les manœuvres des vannes, pour l'éclairage du souterrain et pour la traction des bateaux dans les deux sens étant produite par des usines hydro-électriques alimentées par les eaux abondantes dérivées.

En effet, pour la première section, canal

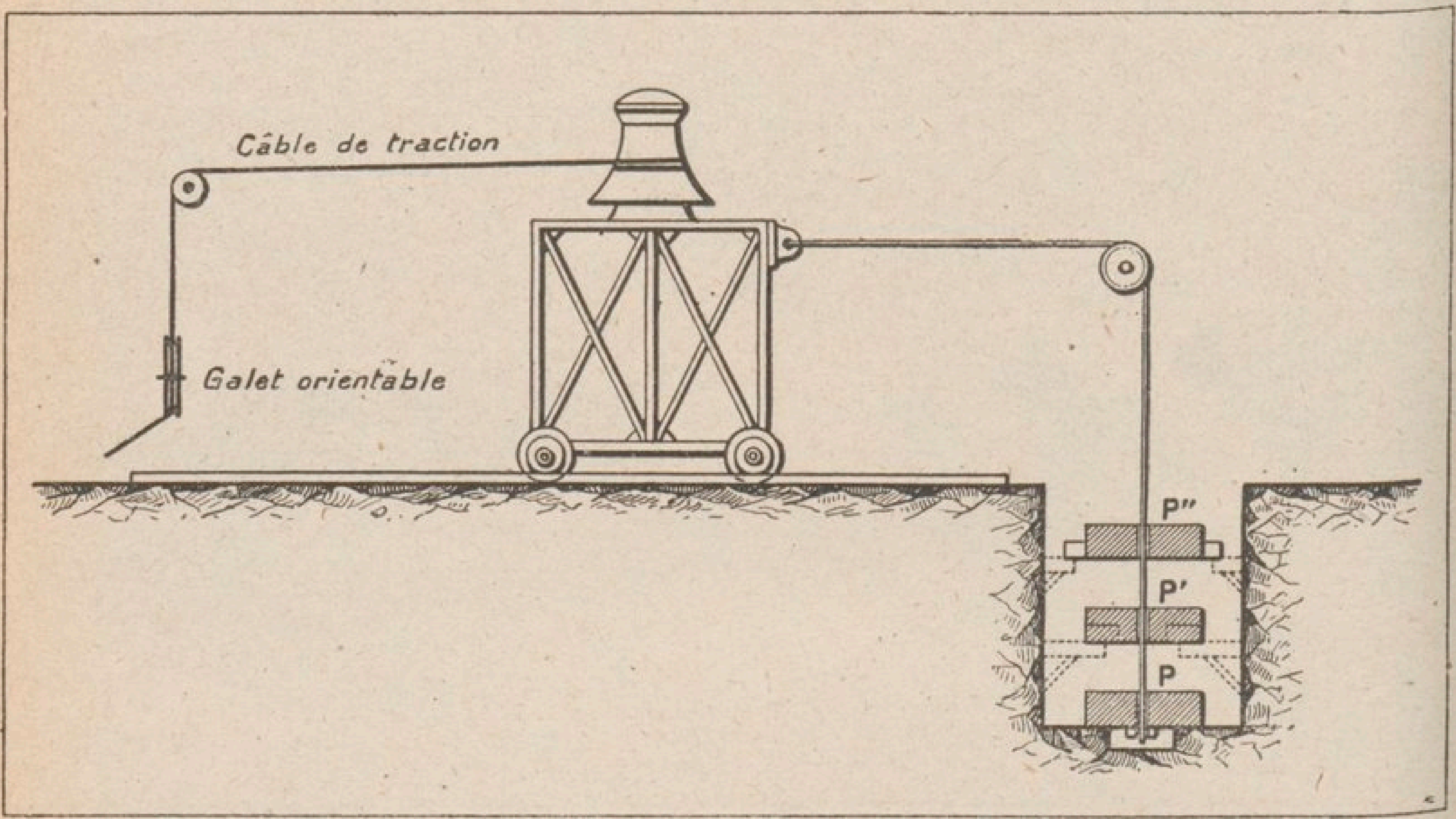
Sèvres-Poissy, on a prévu une pente de 0,0001 m. par mètre sur les 20 kilomètres de longueur du canal; il en résulte une différence de niveau de 2 mètres de l'entrée à la sortie. Le niveau de la Seine en ces deux mêmes points, offre, par contre, une différence de 9 m. 30, de sorte qu'à l'arrivée à Poissy, à la jonction du double canal à la Seine, il reste une différence de niveau entre celui-ci et le fleuve de 7 m. 30 en temps normal; cette différence de niveau sera franchie pour la navigation par une écluse double à grand débit et à manœuvre rapide du type allemand appliqué au « Teltow-Canal ».

7 m. 50, chute réduite pendant les crues du fait de l'élévation du niveau d'aval. Le maximum de puissance produite sera de 4.500 HP.

En service normal, l'usine hydro-électrique travaillera avec un débit de 40 mètres cubes et sous une chute moyenne que nous estimerons à 6 m. 50. On pourra donc ainsi disposer en tout temps de 3.200 HP environ, qui seront transformés en énergie électrique.

Cette puissance est amplement suffisante pour les besoins de la traction mécanique et de l'éclairage tout le long de cette section.

En outre, comme il faut prévoir que ces turbines seront parfois noyées, une turbine



VUE EN BOUT D'UN CABESTAN DE HALAGE ÉQUILIBRÉ.

Les moteurs sont placés dans la cage métallique surmontée par la poupée. Les cabestans, au nombre de trois par poste, sont sollicités en chaque sens par l'effort du câble et par celui des contrepoids P P' P'', *qui, entrant successivement en action, provoquent le fonctionnement de moteurs additionnels. Ces cabestans actionnent une aussière d'acier sans fin divisée en plusieurs sections de cinq kilomètres chacune.*

La figure supérieure page 523 montre le dispositif prévu à l'arrivée, où les deux canaux communiquent; l'un étant réservé à la navigation et l'autre à l'usine hydro-électrique.

Le débit d'eau absorbé par la navigation *se réduira exactement au volume des éclusées* successives, et le débit supplémentaire sera utilisé dans des turbines hydrauliques à axe vertical établies en travers de l'arrivée de sortie, turbines qui actionneront des dynamos génératrices d'énergie électrique.

Les turbines sont prévues pour un débit normal de 40 mètres cubes et un débit maximum de 60 mètres. Ce débit est réparti sur quatre groupes absorbant au maximum 15 mètres cubes chacun, sous une chute de

supplémentaire, placée à un niveau supérieur et fonctionnant sous faible chute (3 mètres environ) sera mise en route en cas de besoin. Elle fournira l'énergie nécessaire pour produire la lumière et assurer le bon fonctionnement des vannes et des diverses machines en cas de réparations éventuelles.

Enfin, cette première section du double canal Paris-Rouen est complétée par la création, vers le milieu du parcours, près de Bougival, d'une écluse de raccordement avec la Seine. Cette écluse est destinée à permettre aux chalands le libre accès des importantes boucles d'Herblay et de Saint-Denis.

Les trois figures pages 516, 518 et 519 donnent l'orientation de la première section et

la coupe géologique des terrains traversés, qui montre que le tracé se *trouve en pleine craie blanche*. Enfin, la carte page 517 donne les gares d'eaux projetées, les deux centrales électriques et l'emplacement des sous-stations de traction réparties le long du parcours entre Billancourt et Villennes.

Étant donné les puissants moyens mécaniques dont on dispose actuellement pour la perforation des tunnels, l'exécution des deux grands souterrains dans ce sol régulier et de bonne tenue ne soulèvera aucune difficulté. D'ailleurs, s'il se produisait des venues d'eau alimentées par des sources souterraines, cet incident ne pourrait être que favorable à l'alimentation du canal et ne constituerait pas un danger comme dans le cas d'une voie ferrée. On sait, en effet, aujourd'hui, grâce à l'emploi des ciments spéciaux et du béton armé, endiguer et aveugler les torrents que l'on peut rencontrer à l'intérieur des couches traversées par les tunnels. La même solution est excellente quand il s'agit d'arrêter des glissements d'argiles molles et, quand le cas est tout à fait grave, on renforce les armatures de béton armé par de puissants blindages métalliques.

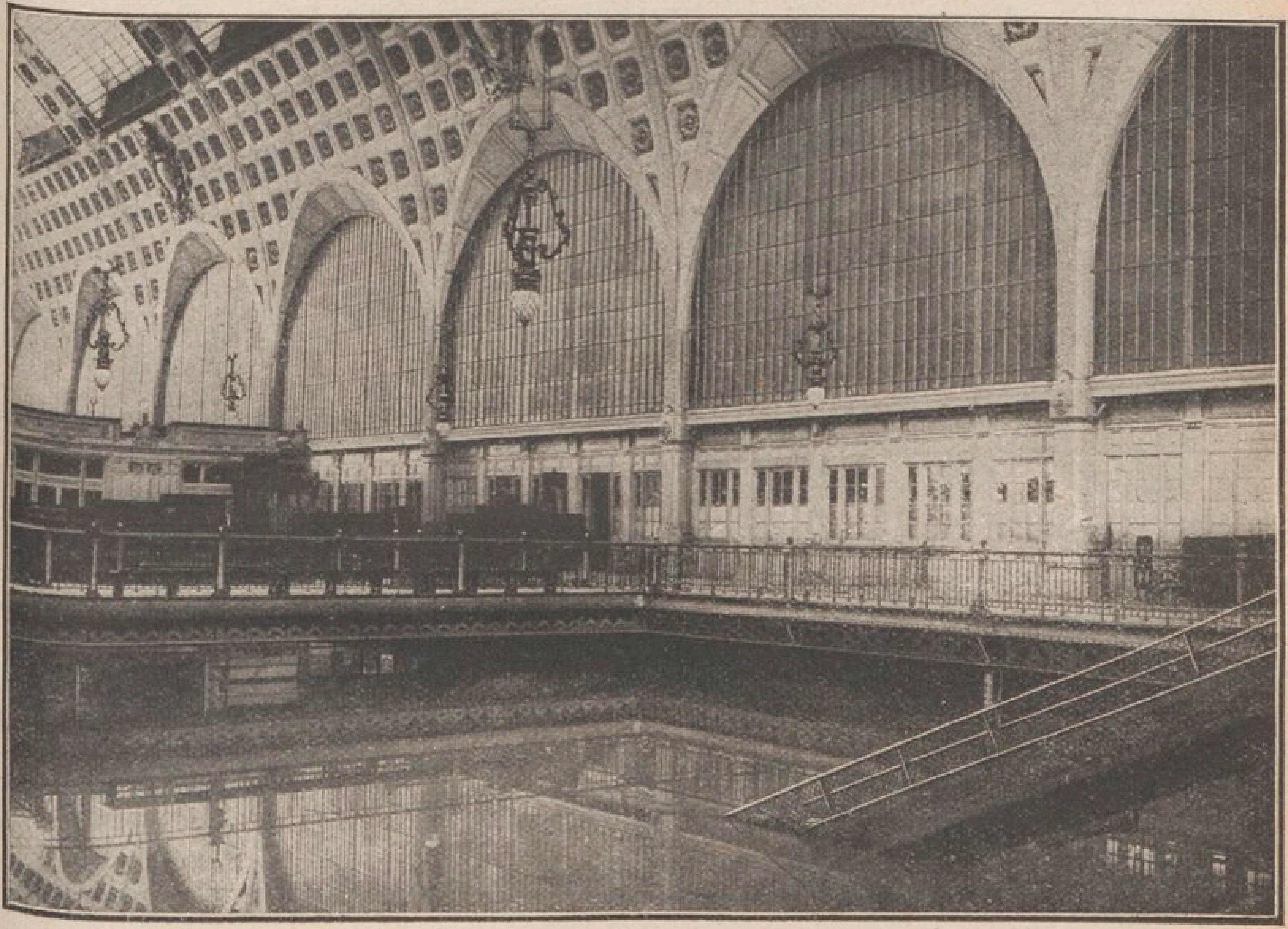
La deuxième partie de ce projet Paris-Rouen se compose de trois sections, dont deux sont de faible longueur, comprenant :

1° La coupure de la boucle de Bonnières par un canal à ciel ouvert entre Sandrecourt et Bonnières (consulter la carte, page 516).

2° La coupure de la boucle dite des Andelys entre Villiers-sur-Seine et Venable ;

3° La coupure de la boucle d'Elbeuf entre l'embouchure de l'Andelle vers Pitres et Belbeuf, à sept kilomètres de Rouen.

Cette dernière partie comprend encore un canal souterrain d'environ 3 kilomètres, dont les principales caractéristiques sont données par une coupe spéciale (figure page 522).



LA GARE DU QUAI D'ORSAY AU PLUS FORT DE L'INONDATION DE 1910

Il est évident qu'à chacune de ces extrémités de canaux, vers la mer, le niveau existant entre le plan d'eau d'amont et le plan d'eau d'aval est différent. Cette différence de niveau est à chaque fois utilisée pour capter la puissance, ce qui permet de porter la capacité hydro-électrique de la Seine maritime projetée, sur l'étendue de ce parcours, à environ 6.000 HP., puissance largement suffisante pour assurer, sur toute la longueur du canal projeté et du fleuve proprement dit, la traction électrique nécessaire au remorquage des trains de chalands entre Paris et Rouen.

Nous avons parlé plus haut de la station

principale située à l'extrémité de la première section, vers Poissy-Villennes ; les autres stations, moins importantes, sont situées, comme nous l'avons également dit, à l'aval des canaux de coupure entre Poissy et Rouen.

Chaque station principale dessert tous les quatre kilomètres des sous-stations de transformation, alimentant des cabestans équilibrés, spécialement brevetés, et placés à chacune de ces sous-stations, cabestans entraîneurs d'un câble sans fin entre *deux sous-stations voisines.* La figure de la page 526 indique l'équipement de ces cabestans. On remarquera qu'avec ce système, la puissance demandée aux machines est réglée automatiquement, et que, suivant l'effort reçu aux câbles tracteurs, un, deux ou trois cabestans conjugués entrent successivement en service suivant les efforts à vaincre.

Lorsque cet effort diminue, un ou deux cabestans cessent automatiquement leur office d'entraîneurs, laissant à un seul appareil le soin d'assurer la translation du câble.

Dans le cas d'un coincement intempestif, irrationnel, c'est-à-dire dans le cas d'une traction dépassant les limites de charge, traction qui peut être occasionnée par la négligence d'un batelier amenant son chaland à la berge, par un naufrage en cours de route, etc., etc., les disjoncteurs automatiques assurent l'arrêt total de la traction dans le secteur accidenté, c'est-à-dire entre deux sous-stations consécutives seulement.

La figure ci-dessus indique le système adopté pour guider le câble tracteur. On remarquera que le support de ce câble, qui fait l'objet d'un brevet spécial, *assure doublement* la position de l'ancrage du filin secondaire le long du câble tracteur ; ce filin relie le câble tracteur aux chalands qu'il remorque.

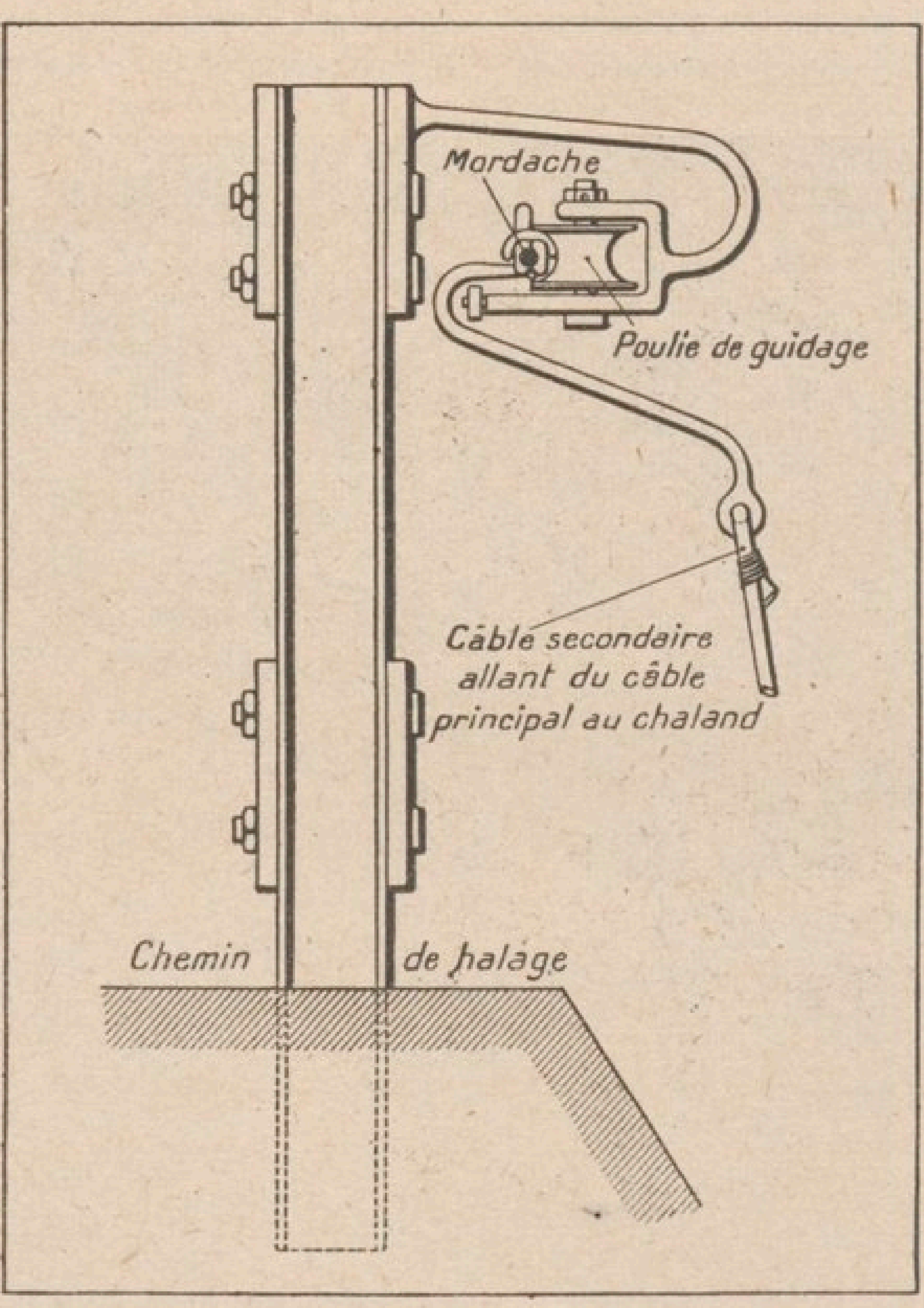
De plus, la mordache dont est munie l'extrémité de ce câble secondaire, possède un verrou de fermeture particulier permettant, suivant les besoins de la navigation, de le détacher à un point quelconque du parcours (point constamment surveillé par les agents de la future exploitation) et de rendre ainsi l'indépendance totale aux chalands tractés.

Les supports de guidage sont placés le long des berges, soit du fleuve, soit des canaux, à une distance moyenne de 50 mètres les uns des autres. Une orientation spéciale est prévue pour le passage des courbes, de même que le câble tracteur est renvoyé sur galets au fond du fleuve ou du canal, à l'embouchure des affluents rencontrés le long de la route, ou pour le passage facile d'un ouvrage d'art quelconque.

Il est évident que sur chacun de ces points, des agents du Service de l'Exploitation devront se trouver en permanence d'une part, pour bien surveiller les taquets de butée faisant automatiquement ouvrir le verrou des mordaches avant l'obstacle, et, d'autre part, pour replacer sur le câble tracteur, revenu en surface, la mordache du câble secondaire, une fois l'obstacle franchi. Ce système est donc très simple.

Cette traction, la plus économique de toutes, a le grand avantage de ne pas nécessiter des berges larges, fermes et solides, ce qui serait nécessaire dans le cas d'un tracteur électrique sur chemin de halage et principalement dans le cas d'emploi d'un ancien tank, comme l'essai en a été fait dernièrement.

On peut, par conséquent, réaliser, grâce à l'adoption de ce système de halage, une notable économie dans la dépense d'installation.



SUPPORT DU CABLE DE HALAGE

Le câble ayant tendance à être entraîné vers l'axe du canal, est ramené vers la berge par le support qui le guide doublement au moyen d'une poulie et d'un arc de rattrapage visible sous cette poulie (Voir la figure de la page 526).

Ce second projet de la Seine maritime pour combattre les inondations semble, à tous les points de vue, remplir les quatre conditions essentielles suivantes :

1° Dégager définitivement Paris et ses environs de toutes inondations dangereuses;

2° Raccourcir pour la batellerie le parcours Paris-Rouen de près de 100 kilomètres ;

3° Permettre à la batellerie de profiter d'une traction économique et rapide (3 à 4 kilomètres à l'heure) en utilisant les différences de niveau (centrales hydro-électriques) et mettre les chalands du plus fort tonnage à même de franchir la distance entre Paris et Rouen en moins de deux jours ;

4° Maintenir le devis estimatif des travaux pour la création et la mise sur pied complète du projet au-dessous de 400 millions de francs, cette somme pouvant être assez facilement amortie par les bénéfices réalisés.

La documentation de cet article a été empruntée tant aux travaux très connus et anciens de Bouquet de la Grye et de M. de Lapparent qu'aux études très minutieuses exécutées dans les bureaux techniques de M. Jean Guichard, ingénieur-conseil.

Un troisième projet, très intéressant aussi par l'ampleur de ses travaux d'art, est celui de *Paris-Dieppe*, qui consiste à créer un canal qui, partant de Gennevilliers, se dirige vers Pontoise, Gournay, Neufchâtel et Dieppe (Voir le n° 42 de *La Science et la Vie* page 19).

Ce troisième projet comprend également, à Forges, un canal souterrain creusé non plus dans la craie, comme entre Sèvres et Poissy, mais dans la roche compacte, nécessitant un travail de perforation important et onéreux. De plus, un prix de revient de deux milliards, les faibles ressources en eau de la région traversée (voir la carte publiée à la page 524), la prochaine organisation d'un important service de bateaux porte-trains entre Dieppe et Newhaven sont autant d'arguments qui militent en faveur d'un équipement de la Seine maritime, qui se fera à peu de frais et qui ménagera les grands intérêts en jeu de Paris, du Havre et de Rouen.

M. Réal-Vignet.

L'INONDATION DE JANVIER 1910 : UN DÉBIT DE VINS DE LA RUE VILLEBOIS-MAREUIL, A GENNEVILLIERS, APRÈS LE RETRAIT DES EAUX

Soulevé par le flot, le billard a perdu son équilibre, et, malgré son poids considérable, s'est retourné comme une simple feuille de carton. Cette région a été l'une des plus éprouvées de toute la banlieue de Paris.

CINQ SIGNATURES D'UN SEUL TRAIT DE PLUME

Les Américains ont, on le sait, fait beaucoup pour simplifier le travail de bureau. Cette tendance à simplifier, à « automatiser », si l'on peut dire, s'est encore accentuée pendant la guerre, du fait que leurs départements ministériels, nullement préparés pour l'écrasante besogne qu'ils eurent à assumer soudainement, se virent rapidement débordés de toutes parts et réclamèrent à cor et à cri une aide qu'on ne put souvent leur apporter immédiatement. Le caissier principal de la Trésorerie des Etats-Unis se vit, lui, contraint de signer un tel nombre de chèques, qu'il n'aurait pu, même en ne faisant que cela jour et nuit, suffire à la tâche ; or, là n'était pas sa seule occupation, on le conçoit. Voici de quelle manière fort originale fut tournée, dans ce cas un peu particulier, la difficulté : cinq stylographes furent assujettis à une réglette en laissant entre chacun d'eux un intervalle égal à la largeur d'un chèque, cinq chèques se trouvant imprimés sur une même feuille. Cette réglette était montée de manière à pouvoir se soulever dans le plan vertical et se déplacer en tous sens dans le plan horizontal ; à l'une de ses extrémités fut attachée une sorte de manche de porte-plume permettant de commander les mouvements de la réglette, et, par conséquent, ceux des cinq stylographes. C'est ce dispositif ingénieux que représente notre photographie. Comme on peut le voir, il suffisait à M. Summers, le caissier-payeur en question, de tracer sa signature en quelque sorte dans le vide, au moyen du manche de porte-plume, pour qu'elle soit fidèlement reproduite sur cinq chèques à la fois par les cinq serviles stylographes.

AU MOYEN DE CINQ STYLOGRAPHES ASSERVIS AUX MOUVEMENTS QUE PEUT PRENDRE UNE RÉGLETTE MOBILE DANS LE PLAN HORIZONTAL ET LE PLAN VERTICAL, LE CAISSIER PAYEUR DE LA TRÉSORERIE AMÉRICAINE PARVENAIT A SIGNER CINQ CHÈQUES A LA FOIS

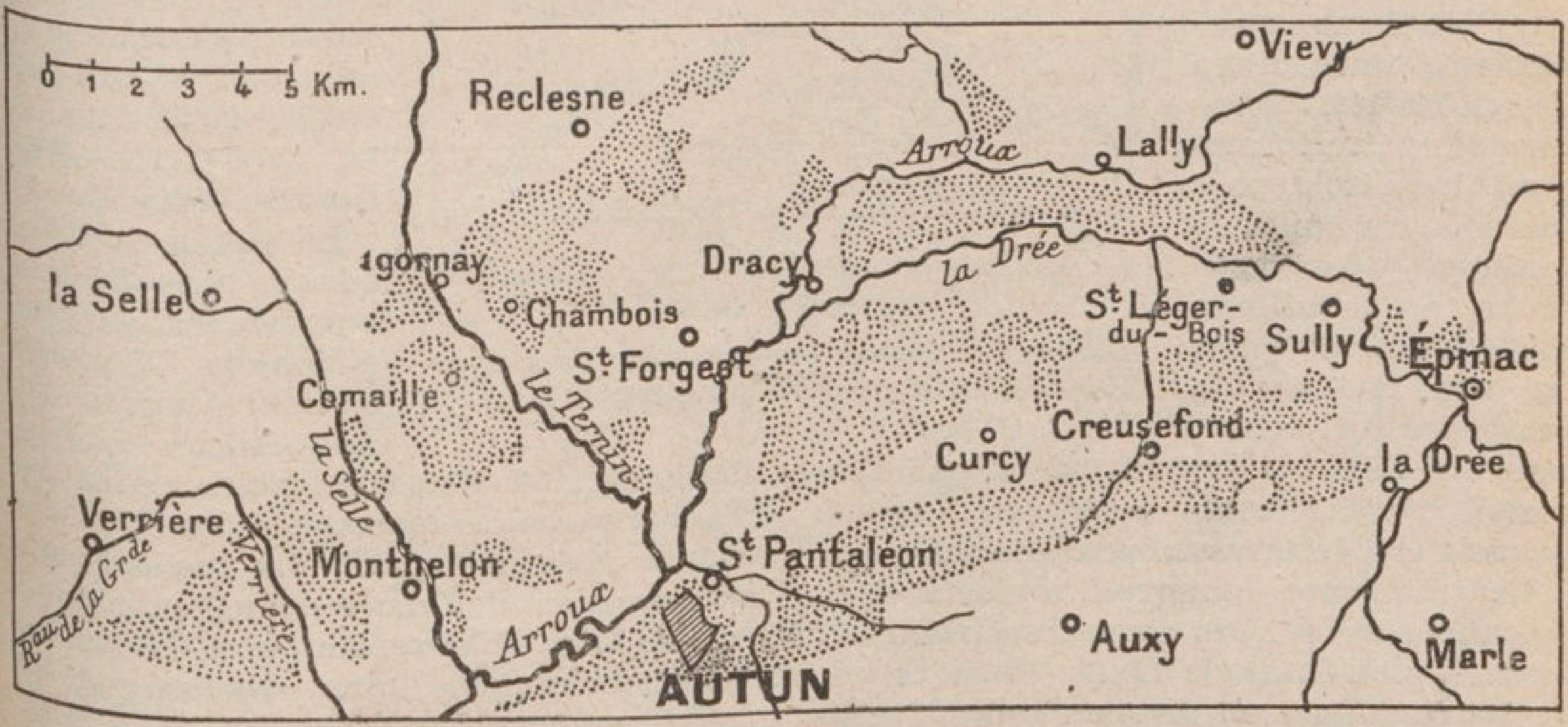
LES GISEMENTS DE PÉTROLE DE FRANCE ET D'ALGÉRIE

Par Paul MEYAN

Les besoins en pétrole, essence et huiles augmentent chaque jour, tant est rapide et incessant le développement pris par le moteur à combustion interne. Le relèvement économique et industriel de la France victorieuse exige une transformation radicale de ses forces de production et une adaptation nouvelle de ses puissances motrices, qui sont à la base même de toute industrie. Or, la guerre a mis en valeur l'importance du combustible liquide provenant, soit de la distillation du goudron, soit de la distillation du pétrole brut. Ce combustible, qui fut celui de la flotte de guerre interalliée, sera vraisemblablement, demain, celui de toutes les flottes de commerce.

L'aviation, les ballons dirigeables seront aussi de copieux consommateurs. Quant à l'automobilisme, transport des voyageurs et des marchandises, nous n'en parlerons que pour mémoire ; chacun sait la place qu'a prise désormais dans le monde entier cette locomotion si souple, si pratique et si peu coûteuse, en tant qu'installation tout au moins, si on la compare au chemin de fer. Le goudronnage de nos routes demandera aussi de grandes quantités de produits bitumineux, et la santé publique elle-même, de l'avis des hygiénistes, y est intéressée.

Pour satisfaire à ces besoins, même eussions-nous trouvé dans l'alcool, produit national venu du sol et dans le benzol, produit dérivé de la houille, une partie du carburant rêvé, la France sera toujours tributaire de l'étranger. Il lui faudra s'adresser à l'Amérique, qui n'en produira bientôt elle-même que pour sa propre consommation, à la Russie, à la Roumanie, à la Galicie, à la Mésopotamie, au Mexique et aux colonies néerlandaises. Si, toutefois, il nous était possible de récupérer les richesses pétrolifères, si petites soient-elles, qui dorment dans notre sol et dans celui de nos colonies, peut-être pourrions-nous, avec l'appoint du benzol et de l'alcool, arriver, sinon à nous passer de l'étranger, du moins à restreindre nos importations. Le commissariat général aux essences et combustibles, que dirige, avec une initiative hardie et compétente, M. le sénateur Bérenger, a su prendre ses dispositions pour défendre les intérêts de la France et n'a pas négligé de tenir compte des gisements pétrolifères que



CARTE DU BASSIN PÉTROLIFÈRE D'AUTUN, EN SAÔNE-ET-LOIRE

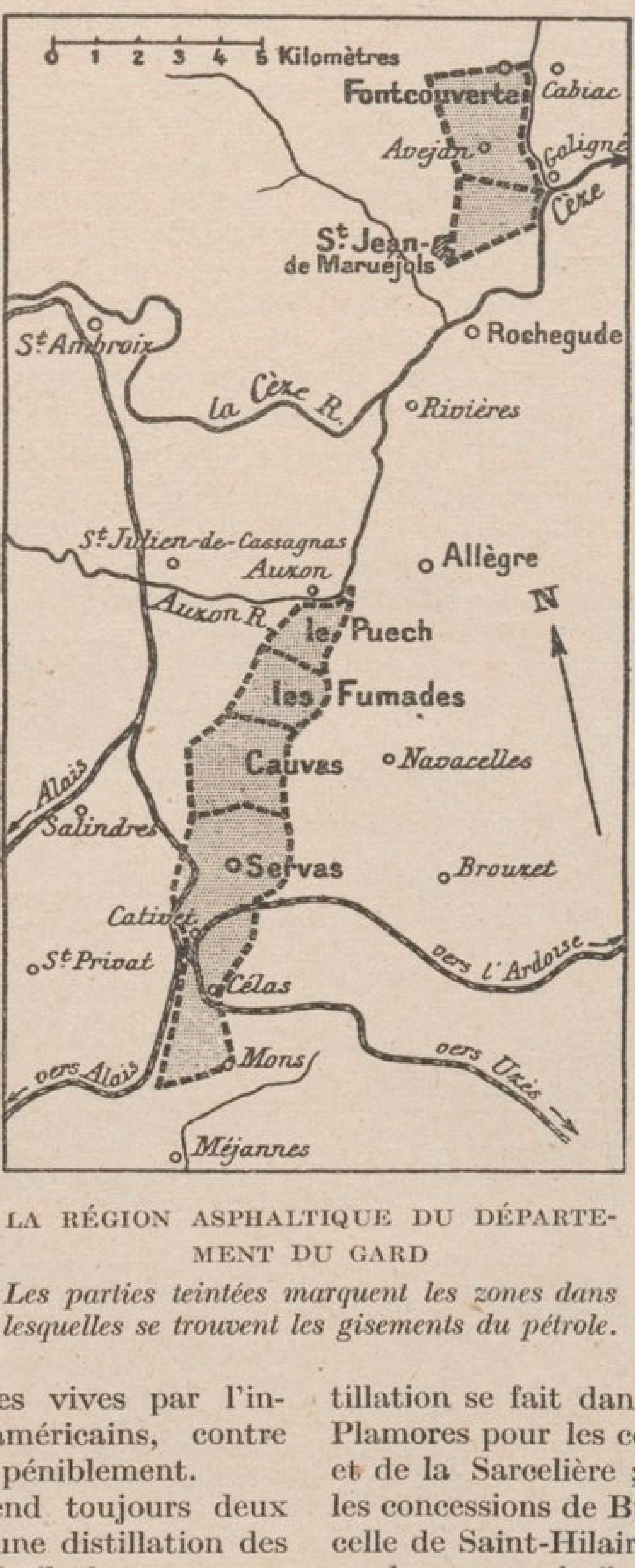
Les couches de schistes bitumineux, qui sont représentées sur la carte par des surfaces pointillées, couvrent une superficie totale de 246 kilomètres carrés.

possèdent la France et l'Algérie, auxquels viennent de s'ajouter, grâce à la victoire de nos armées, les pétroles d'Alsace, qui sont exploités sur les territoires de Pechelbronn, de Biblisheim et de Durenbach, aujourd'hui de retour à la mère-patrie.

Nous avons donc, en France et en Algérie, des pétroles, des asphaltes et des schistes bitumineux que l'on exploite et dont le rendement vaut qu'on ne les passe pas sous silence. Les régions dans lesquelles se trouvent ces exploitations et celles où l'on a simplement constaté la présence de gisements pétrolifères sont : l'Allier, la Saône-et-Loire, le Puy-de-Dôme, le Gard, le Jura, l'Hérault, la Savoie, et, en Algérie, les environs de Relizane et de Mostaganem, où la zone pétrolifère est assez étendue.

C'est en 1858 que l'on commença à exploiter le bassin de Buxière, dans l'Allier, et, en 1862, celui d'Autun, en Saône-et-Loire. Ce sont des schistes bitumineux que l'on en retire. L'emploi industriel de ces schistes consiste à les soumettre à des distillations successives, au moyen desquelles sont obtenus le pétrole lampant, le pétrole pour moteurs, les huiles de graissage, les goudrons, les paraffines. Cette industrie, qui a eu son époque de prospérité, fut bientôt atteinte dans ses œuvres vives par l'invasion des pétroles américains, contre lesquels elle lutte assez péniblement.

Le traitement comprend toujours deux opérations essentielles : une distillation des schistes produisant de l'huile brute et une rectification donnant diverses huiles d'éclairage. M. de Launay, dans son *Traité de Métallogénie*, nous enseigne que la distillation se fait, en général, en France, dans des cornues verticales en fonte de 13 à 16 hectolitres de capacité, où le schiste lui-même, après distillation, fournit en brûlant la chaleur nécessaire pour la distillation d'une charge nouvelle. Cette opération donne d'abord des eaux plus ou moins ammoniacales (50 à 60 litres par mètre cube pesant 1.250 kilos), puis des gaz incondensables, et, enfin, suivant les régions, 50 à 100 litres d'huile brute ayant pour densité moyenne 850 à 900. Ces huiles brutes donnent à leur tour, par des distillations successives, avec traitement approprié à l'acide sulfurique et à la soude, des produits divers qui, dans nos bassins français, sont les suivants, par hectolitre :



LA RÉGION ASPHALTIQUE DU DÉPARTEMENT DU GARD

Les parties teintées marquent les zones dans lesquelles se trouvent les gisements du pétrole.

A Buxière, 28 à 30 % d'huile lampante à 810-820 ; 30 à 40 % d'huiles lourdes à 870-925 ; 29 % de goudron et 12 à 20 % de perte sur l'ensemble.

A Autun, 35 à 40 % d'huile lampante à 820 ; 4 % d'huiles lourdes à 860-868 ; 25 % huile verte à 895 ; 20 % de goudron à 960 et 14 % de perte.

En dehors de l'huile d'éclairage et de l'huile à graisser, le schiste fournit un goudron qui trouve un emploi facile dans la fabrication des mastics asphaltiques.

Le bassin de l'Aumance, dans l'Allier, comporte deux centres principaux d'exploitation : Buxière et Saint-Hilaire. La distillation se fait dans trois usines : celles des Plamores pour les concessions des Plamores et de la Sarcelière ; celle des Justices pour les concessions de Buxière et de la Courolle ; celle de Saint-Hilaire pour Saint-Hilaire. Le rendement en huile brute, constaté par les statistiques, varie entre 5 et 7 % en volume.

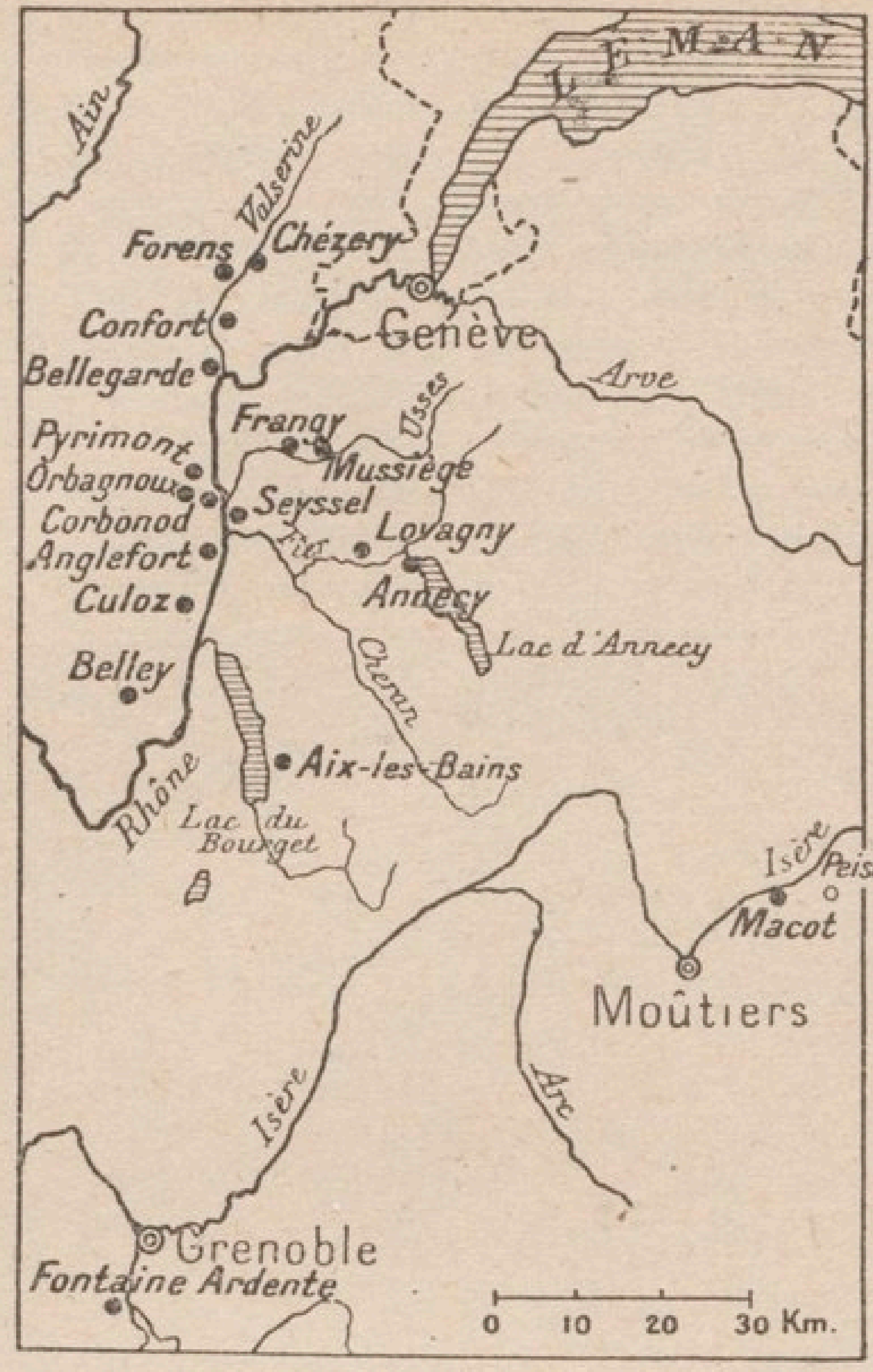
En Saône-et-Loire, le bassin d'Autun, plus important, est d'une superficie totale d'environ 246 kilomètres carrés, Il s'étend sur une

longueur de trente-deux kilomètres, d'Epinac à Verrière, par Autun, et sur dix kilomètres d'Auxy à Igornay, qui se trouve au sommet du triangle. Les terrains sont constitués par des séries de couches superposées, d'épaisseurs variables comprenant de la houille, des grès, des poudingues, de l'argile, des calcaires magnésiens, du boghead, entre lesquelles se glissent les couches de schistes bitumineux. Les couches les plus profondes sont celles qu'exploitent les concessions d'Igornay, Lally et Saint-Léger-du-Bois ; elles ont un rendement en huile brute d'environ 4, 50 % en volume, soit 45 litres par mètre cube de minerai chargé en cornue.

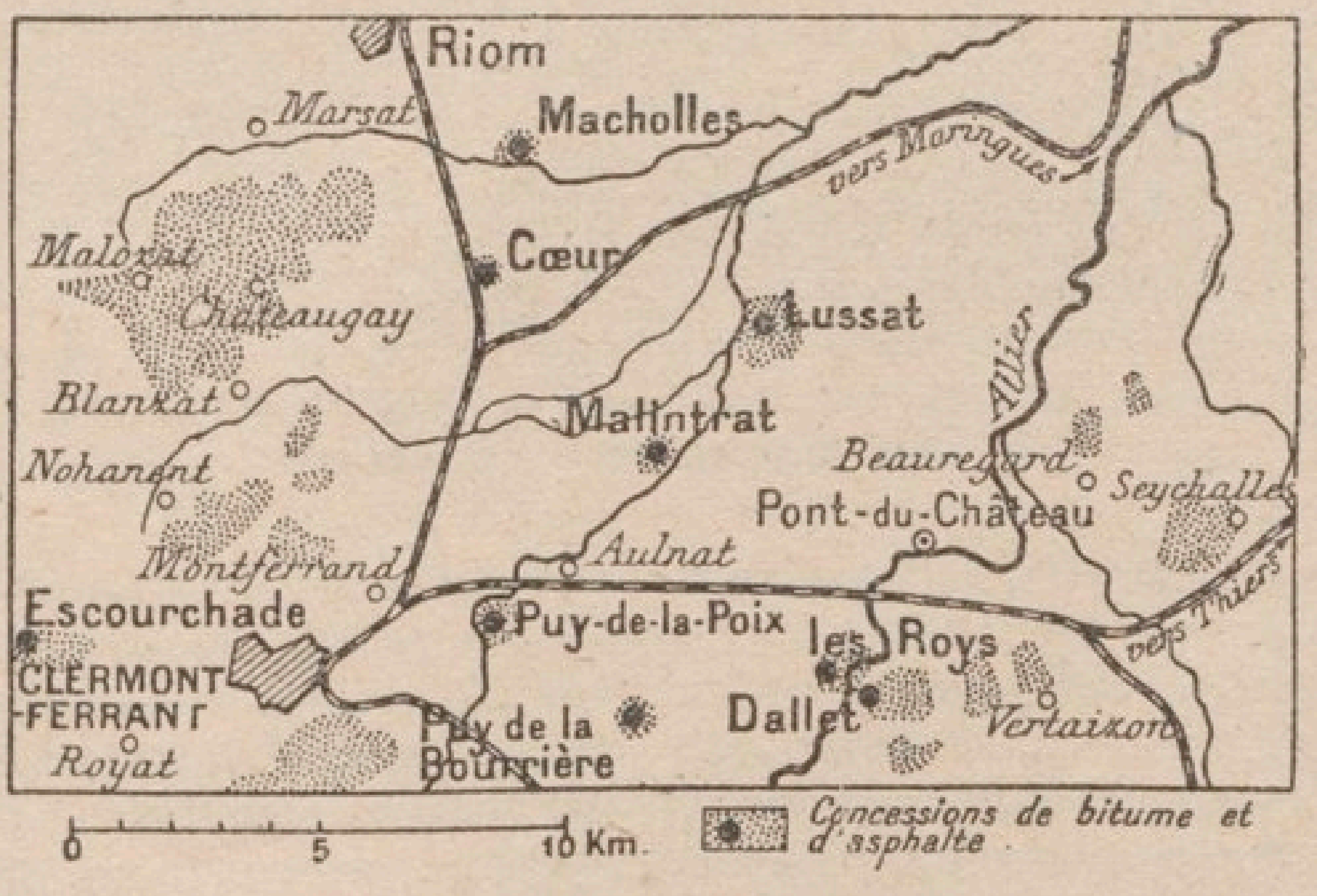
Au-dessus, à l'étage moyen, sont exploitées les concessions de la Comaille, Chambois, du Ruet, du Paisot, de Dracy-Saint-Loup, Saint-Forgeot, Chevigny, Ravelon. C'est la couche de schiste bitumineux la plus importante du pays autunois, dite « grande couche ».

Le rendement est de 4,5 à 9 %. 100 kilogrammes de minerai de la grande couche donnent, paraît-il, 17 à 18 mètres cubes de gaz d'éclairage assez comparable au gaz de houille.

Enfin, l'étage supérieur renferme de nombreuses couches de schistes et une couche de boghead exploitée. Un mètre cube de ce dernier donne, par la distillation, 500 mètres cubes environ de gaz ayant un pouvoir éclairant égal à deux fois au moins celui du gaz de houille. Les concessions situées sur cet étage sont : Millery, Les Thélots, Surmoulin, Hauterive. Le bassin autunois n'a été jusqu'ici exploité que d'une façon superficielle. La profondeur des travaux ne dépasse pas 60 mètres, ce qui est peu.



ZONE HYDROCARBURÉE DU JURA
Les points noirs figurant sur la carte indiquent les centres d'exploitation.



CARTE DES GISEMENTS BITUMINEUX DE LA LIMAGNE

Il existe encore des hydrocarbures, bitumes, asphaltes dans le Gard, les Alpes et le Jura. A l'est d'Alais, de Mons à Servas, aux Fumades, à Saint-Jean-de Marvéjols, on trouve, sur une trentaine de kilomètres de long, des imprégnations asphaltiques qui, à une profondeur de 200 à 300 mètres, atteignent un développement considérable. En remontant plus au nord, sur la même zone, on trouve, à Vagnas, dans l'Ardèche, des schistes bitumineux donnant, par distillation, de l'huile minérale analogue au pétrole.

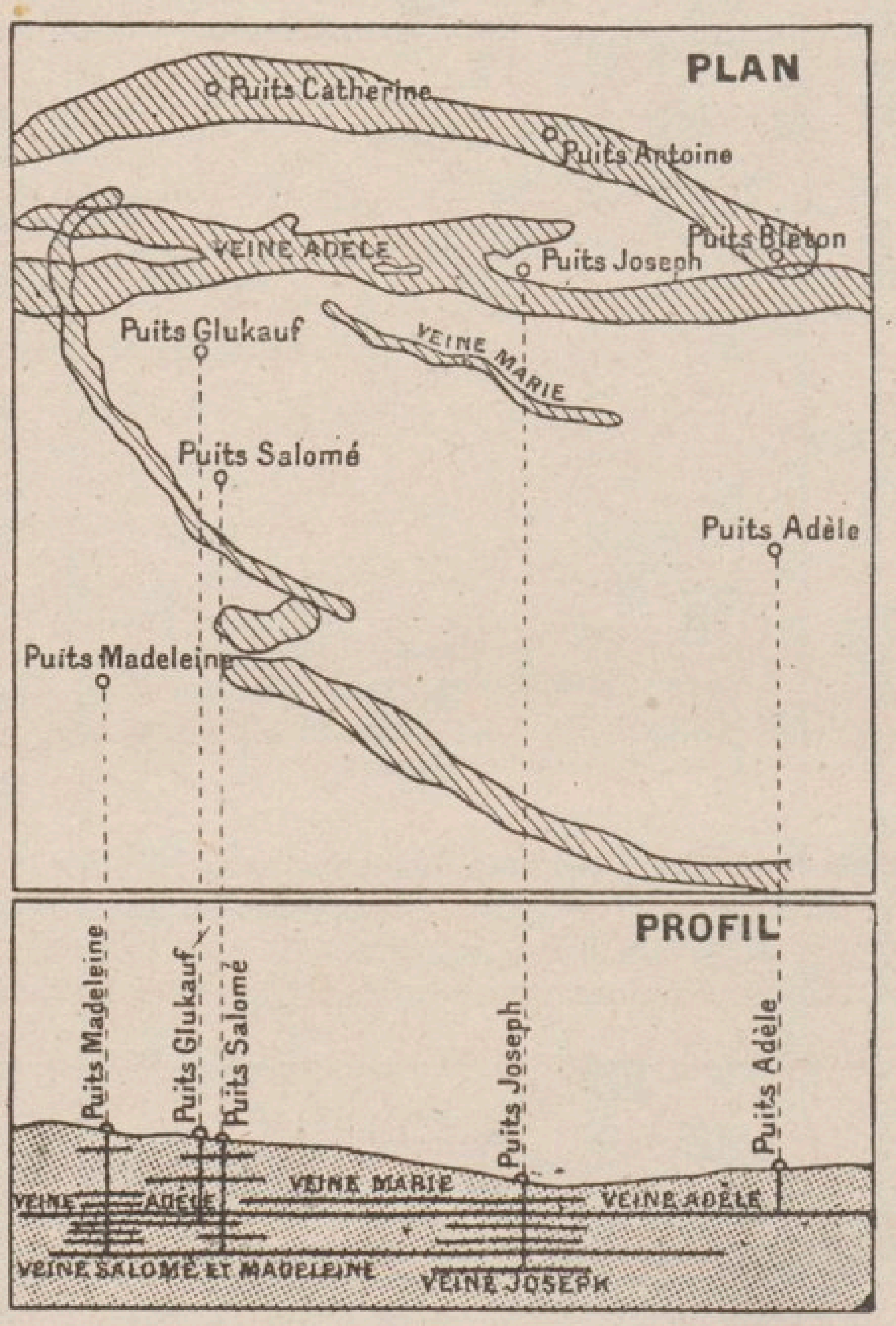
Au sud de Grenoble, sur la rive gauche de la Gresse, affluent du Drac, la *Fontaine ardente* de Saint-Barthélemy dégage des gaz qui ont donné, en 1885, l'idée de rechercher du pétrole ; mais les difficultés du terrain ont arrêté rapidement les travaux. En remontant vers le nord, dans la région comprise entre le Rhône et l'Ain, dans le Bugey et le Jura, existe une

zone hydrocarburée signalée plus particulièrement dans la direction de Lovagny, Belley, Fraugy, Mussiège, Seyssel, Corbonod, Anglefort, Orbagnoux, Confort.

Dans le Puy-de-Dôme, à Menat, on trouve, sur une superficie d'un kilomètre de diamètre, des schistes exploités d'un rendement de 5 % environ. L'extraction annuelle est d'un millier de tonnes. Dans cette même région, l'industrie du bitume et de l'asphalte date de 1831. Des concessions sont exploitées par la Société des Asphaltes du Centre, à Lussat, Malintrat, Pont-du-Château, Puy-de-la-Poix, dans cette partie de la Limagne comprise entre l'Allier, Riom et Clermont-Ferrand. (Carte page 533).

Enfin, le massif pyrénéen offre des indices d'hydrocarbures dont les principales manifestations connues se trouvent dans la région des Landes, à Bastennes, Gaujacq, Orthez, etc., d'une part, et dans l'Hérault, à l'autre extrémité des Pyrénées, à Gabian, entre Béziers et Bédarieux. On a exploité ce dernier gisement de 1608 à 1716 ; depuis, deux forages pratiqués à 200 et 400 mètres de profondeur n'ont eu aucun succès.

Le point de départ d'une recherche pétrolifère est, d'ordinaire, dans un pays nouveau, un suintement hydrocarburé à la surface. Si l'on admet cette théorie que la présence de bitumes, asphaltes permet de supposer, par un sondage plus approfondi, la rencontre d'un gisement de pétrole, on doit espérer que la France trouvera un jour dans son propre sol de quoi remplacer une partie tout au moins de ce combustible liquide qu'elle va chercher à l'étranger. Toutefois, actuellement, notre pays ne possède aucun gisement de pétrole en exploitation ; mais le retour de nos anciennes provinces, la Lorraine et l'Alsace, nous remet en possession des pétroles d'Alsace, situés dans la région de Péchelbronn, parallèlement au Rhin, entre Wissembourg et Strasbourg. (Voir l'article de M. Kergomard : *L'apport de l'Alsace-Lorraine à notre richesse nationale*, dans le dernier numéro de la « Science et la Vie »). Depuis 1735, les gîtes bitumineux de Pechelbronn sont exploités, mais c'est seulement en 1880 qu'on procéda à des sondages profonds ; on reconnut alors quatre niveaux pétrolifères jusqu'à 223 mètres de profondeur. Jusque-là, le pétrole était extrait, en même temps que le sable, de puits creusés à des profondeurs de 60 à 70 mètres, atteignant les lentilles de sable qui se trouvent réparties sur trois couches principales. Les couches situées à 150 et 300 mètres ne pouvant à cette époque être exploitées de cette manière, on se mit à pomper par les trous de sondage, au moyen de pompes à boulet dites « canadiennes », constituées par un tube de fer, de la longueur du sondage, terminé à sa partie inférieure par un étranglement obturé par un boulet formant clapet de retenue et dont le piston est commandé, depuis la surface du sol, au moyen d'une tige de longueur suffisante mue par un balancier en bois, équilibré et actionné par un petit moteur électrique de 5 à 6 chevaux. Le débit de la pompe est réglé par la course du piston qui peut être changée à volonté d'après le débit du sondage.

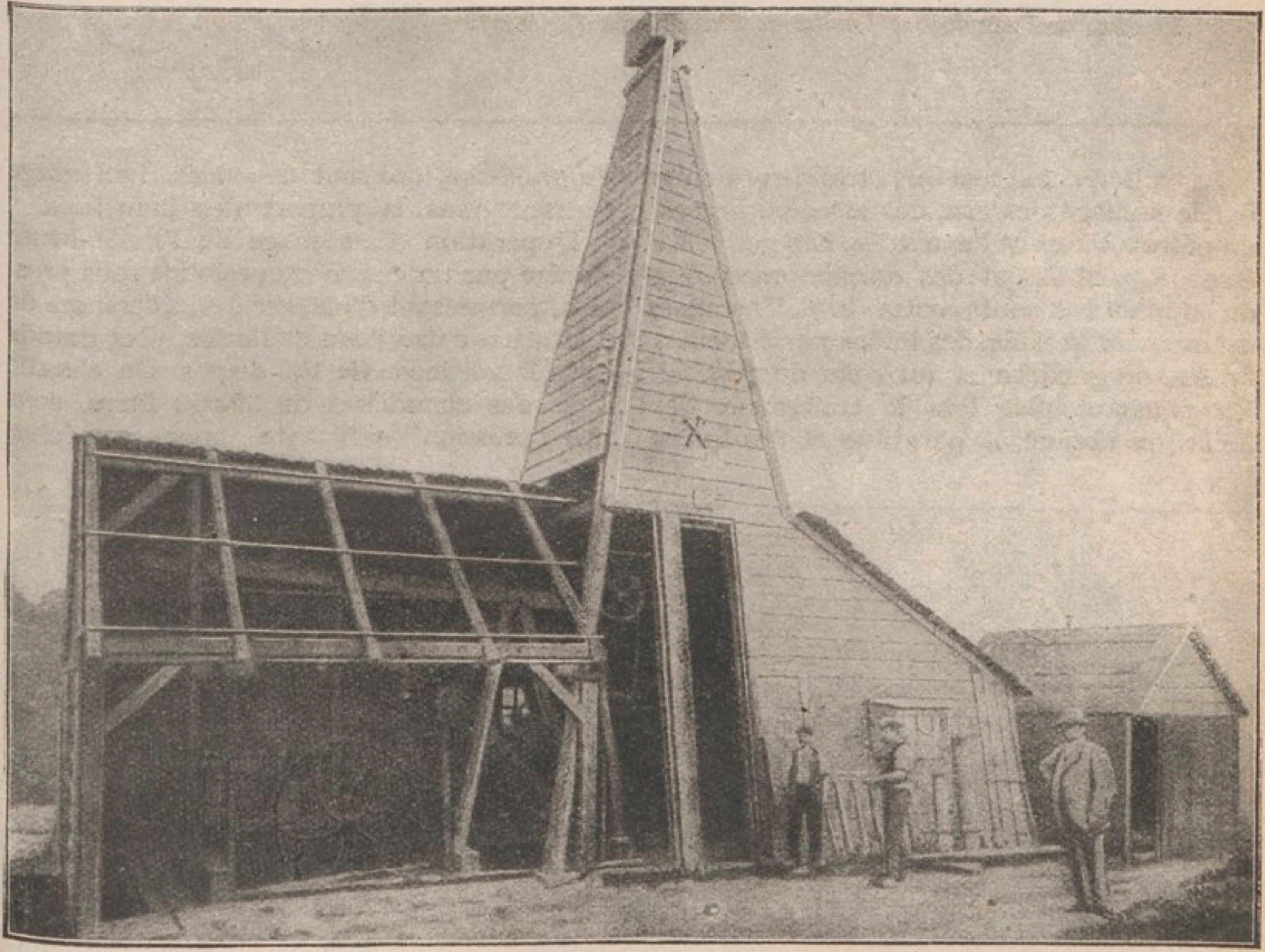


PLAN, PROFIL ET COUPE DES GISEMENTS PÉTROLIFÈRES EXPLOITÉS EN ALSACE

Un rapport établi par MM. Bordas, contrôleur général des services techniques, et

Hildt, chef du laboratoire des essais du Commissariat général aux essences et combustibles, nous apprend que l'exploitation actuelle des pétroles d'Alsace comporte quatre usines : Pechelbronn-Merhwiller, Soultz-sous-Forêts, Biblisheim et Durrenbach. La première traite environ 3.300 tonnes d'huile brute par mois ; la deuxième ne traite que 5 à 600 tonnes de produits intermédiaires provenant de l'usine de Pechelbronn, dont elle est l'annexe. Biblisheim et Durrenbach traitent par mois 600 tonnes de brut, la dernière, utilisant des procédés spéciaux pétrole qui suinte des galeries et qui vient se rassembler en un point central situé en contrebas. Ce pétrole est refoulé dans la « pipe-line » la plus proche. Le système des « pipe-lines » présente un développement de 75 kilomètres et permet de refouler le produit des sondages qui y sont reliés dans un réservoir central d'une contenance de 3.000 tonnes de pétrole brut. L'ensemble de la concession a une superficie de 45.000 hectares et comporte un nombre de sondages, effectués depuis quarante ans, qui dépasse 2.500.

La société allemande avait engagé une



UN SONDAGE DE L'EXPLOITATION DE PECHELBRONN (ALSACE)

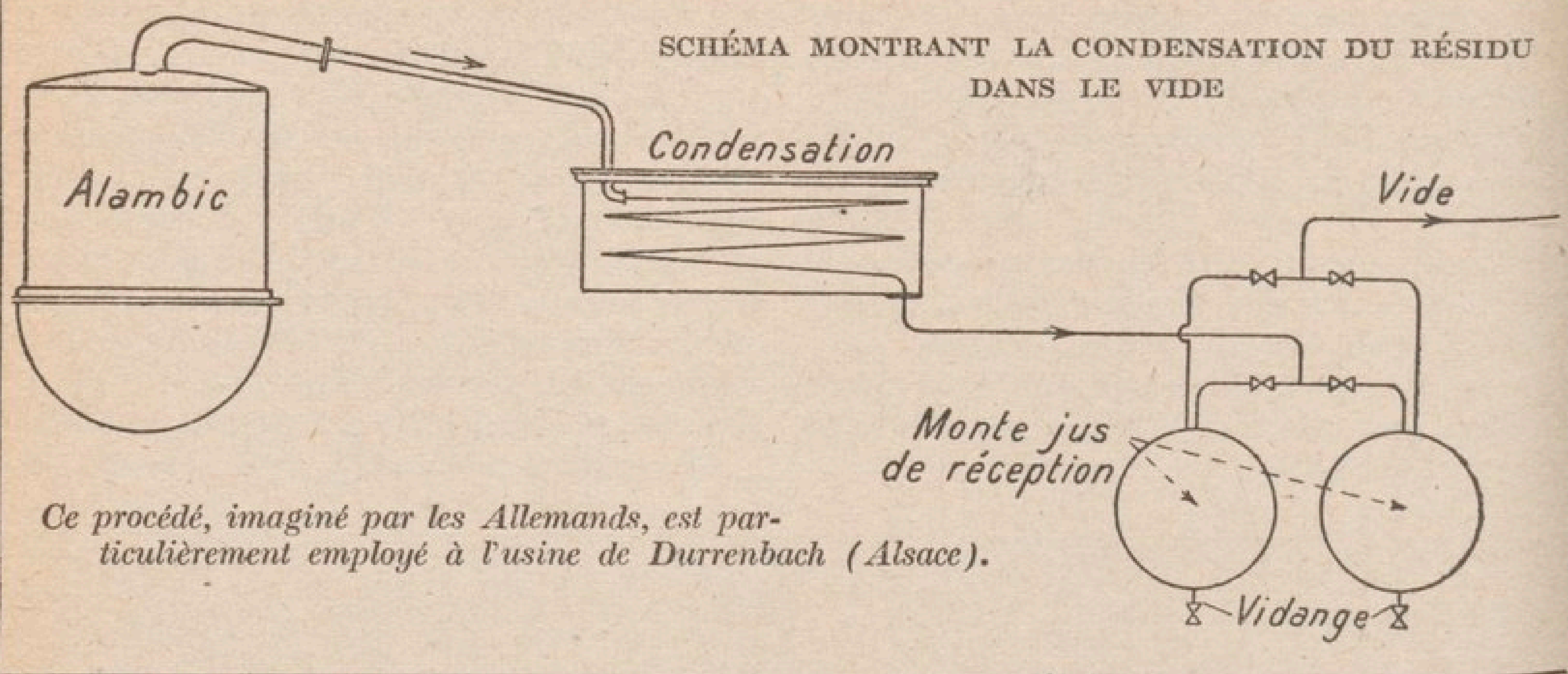
Le pétrole est extrait à l'aide d'une pompe à boulet dite « canadienne » actionnée par un moteur électrique dont la puissance n'a pas besoin d'être très grande.

dérivés de brevets français et employés par la société allemande exploitante, la « Deutsche-Erdöl-Aktiengeselschaft », de Berlin, propriétaire de l'ensemble de la concession.

Pendant la guerre, des changements importants ont été apportés au mode d'exploitation et aux procédés de raffinage. C'est ainsi qu'on a repris, sous une forme perfectionnée et intensive, l'ancien mode d'exploitation par puits profonds et galeries dont on extrait le sable bitumineux après avoir pompé le dépense de plus de 15 millions de francs, à prélever sur les bénéfices de guerre, pour reconstruire les usines ; le sort des armes, qui n'a pas été celui qu'escomptaient nos ennemis, a interrompu les travaux ; mais on pense qu'ils seront mis en demeure de les terminer et de fournir le matériel et l'outillage nécessaires pour continuer l'exploitation.

L'ancien traitement par cornues à coke est remplacé par une distillation sous vide profond allant jusqu'au brai seulement.

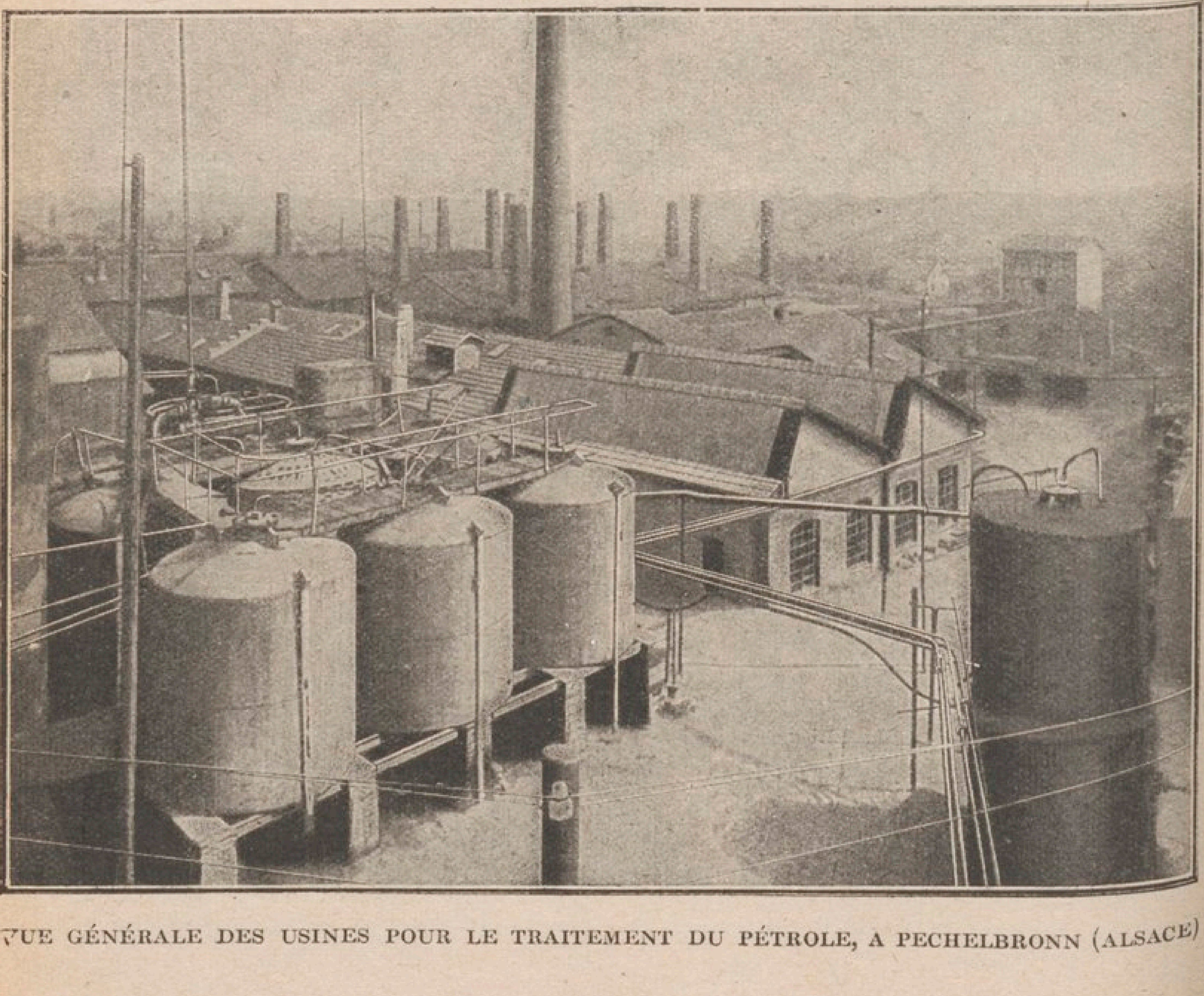
SCHÉMA MONTRANT LA CONDENSATION DU RÉSIDU DANS LE VIDE



Ce procédé, imaginé par les Allemands, est particulièrement employé à l'usine de Durrenbach (Alsace).

Le traitement actuel du pétrole brut donne par le séchage des gaz, des essences brutes, du pétrole sec et de l'eau salée. Les gaz et les essences fournissent des essences rectifiées, du lampant brut et du « colza » brut. Viennent, du lampant rectifié, des huiles paraffineuses brutes, du goudron et du coke de pétrole. En poussant plus loin le traitement des huiles, on obtient la paraffine et des huiles de graissage, qui sont devenues d'un usage courant dans la plupart des industries.

L'opération du séchage de l'huile brute s'opère par un chauffage prolongé sous pression, permettant d'obtenir des différences de dilatation entre l'eau et l'huile, plus grande dans le voisinage de 120 degrés. On chauffe dans des chaudières de 30.000 litres, sous une pression suffisante pour empêcher



VUE GÉNÉRALE DES USINES POUR LE TRAITEMENT DU PÉTROLE, A PECHELBRONN (ALSACE)

l'ébullition et la mousse lorsque, au moment voulu, on laisse échapper les gaz et les essences dans un tube de dégagement réglé par une vanne. On chasse par injection de vapeur les essences lourdes, et l'eau salée est soutirée par le bas dans un récipient spécial.

La rectification des essences brutes se fait dans une batterie de chaudières horizontales, chacune d'elles fonctionnant à une température différente, entre 60 et 150 degrés environ. L'essence passe successivement dans ces chaudières d'où les vapeurs sont dirigées sur des condensateurs extérieurs. On peut obtenir ainsi huit qualités différentes depuis 635 jusqu'à 715 de densité. Le raffinage se fait par l'ancien procédé.

La distillation du pétrole s'opère par concentration discontinue et utilisation du vide. Ce procédé donne 35 % de lampant brut qui, redistillé, fournit 20 à 30 % de lampant rectifié, avec un résidu de « colza » utilisé pour la lampisterie des chemins de fer.

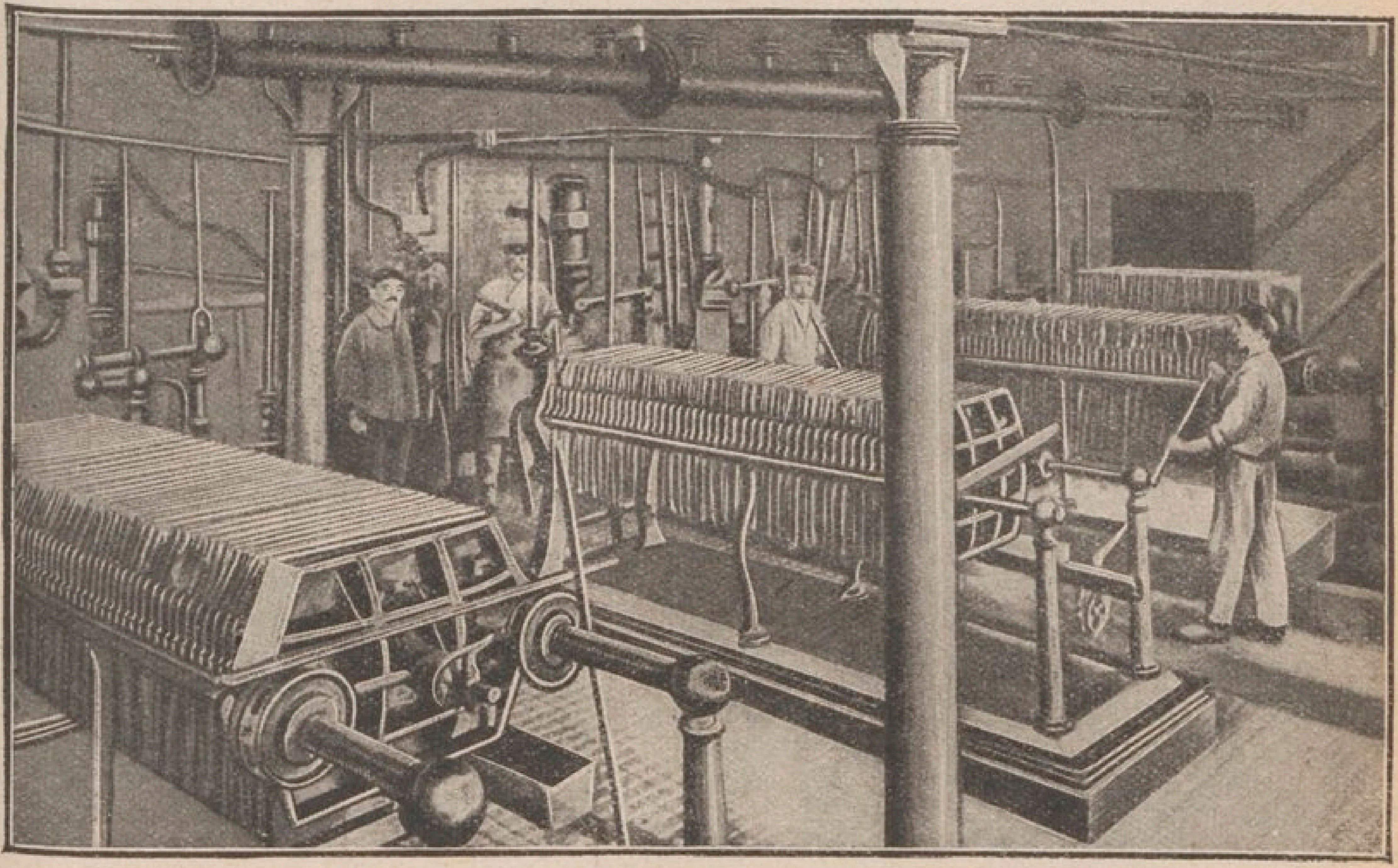
Actuellement, à Pechelbronn, la distillation principale par le vide n'est pas encore installée. L'atelier de distillation de l'asphalte est en voie de construction. Les installations existantes pour le raffinage des essences, des pétroles et des huiles subsistent dans la nouvelle usine de Merkwiller, mais des ateliers nouveaux de déparaffinage très importants sont prévus et seront bientôt construits.

Le déparaffinage des huiles se fait toujours après raffinage ; c'est une opération délicate, surtout pour les huiles de Durrenbach, obtenues par un procédé spécial. Même à Pechelbronn, avec les procédés actuels, il est nécessaire, souvent, de mélanger les huiles avec 2 % de sciure de bois avant de les passer au filtre-presse. (Voir la photo ci-dessous).

La paraffine brute obtenue par filtrage est fondue, coulée dans des mouleaux comme les acides gras de stéarinerie, enveloppée, après refroidissement, dans des étrindelles en crin et soumise à une pression de 200 à 250 kilogrammes par centimètre carré dans des presses hydrauliques. Les « gatsch », moins riches en boues paraffineuses, sont envoyées au moyen de pompes dans un autre local pour être fondues et recristallisées à une température d'environ 15 degrés au-dessus de zéro. Pour obtenir enfin la paraffine blanche, il faut un traitement chimique assez compliquée ou l'emploi des procédés de décoloration usuels, noir, argile, etc...

D'une façon générale, on produit à Pechelbronn trois qualités de pétrole :

Le pétrole ordinaire, de qualité moyenne : 0,795 à 0,800, inflammabilité 31° c. ;



VUE PARTIELLE DE L'ATELIER DE DÉPARAFFINAGE DES HUILES, A PECHELBRONN

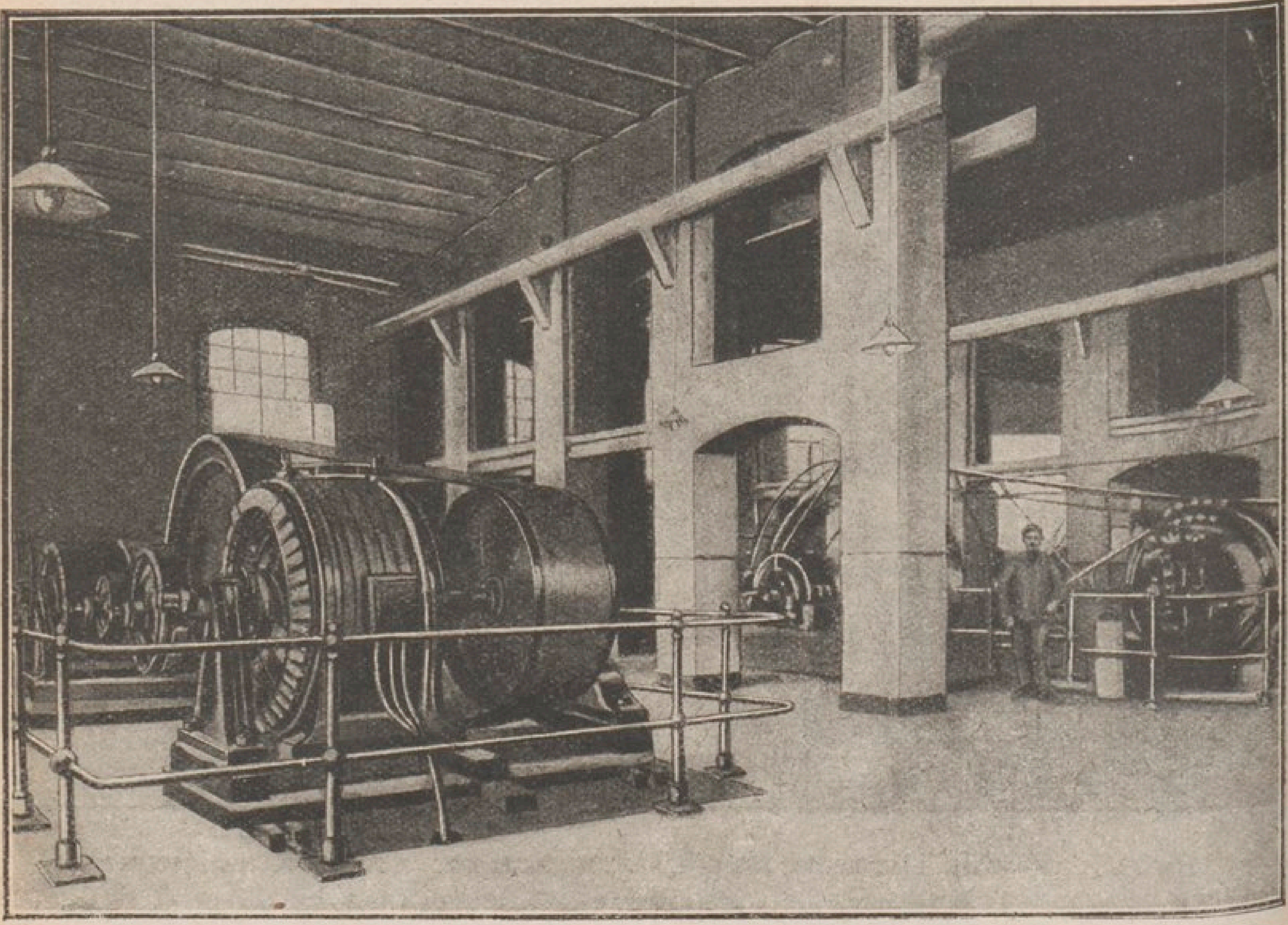
Cette opération délicate se fait sur les huiles de Durrenbach, que l'on mélange avec 2 % de sciure de bois avant de les passer au filtre-presse.

Le pétrole de qualité supérieure ou pétrole de luxe : 0,800, inflammabilité 50° c. ;

Et un pétrole spécial à haute inflammabilité, de 825-830, inflammabilité 70 à 80° c.

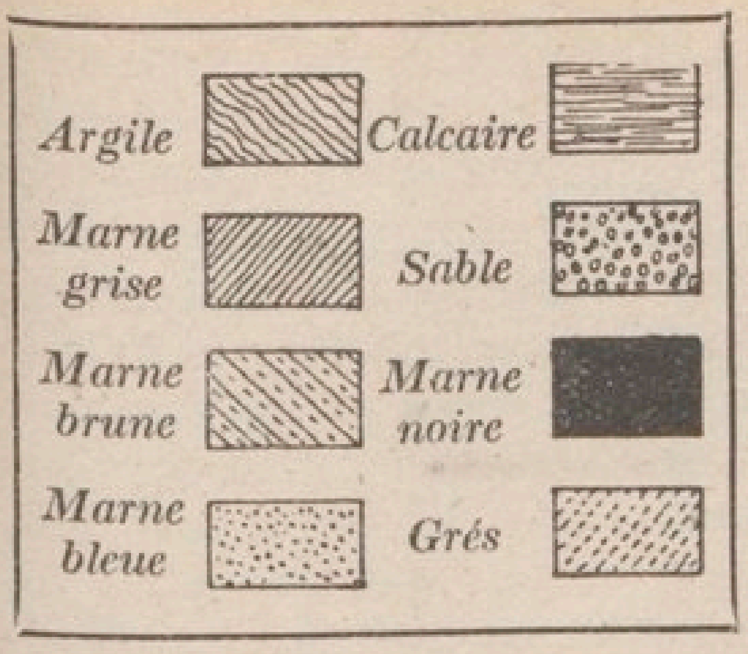
On appelle point d'inflammabilité le degré de la température auquel les vapeurs dégagées par le pétrole et mélangées à l'air font explosion. On désigne sous le nom d'ignibilité d'un corps sa propriété de continuer à brûler une fois allumé et lorsqu'on le chauffe à une température déterminée. En France, d'après le décret relatif à la réglementation des fabriques et des dépôts d'huiles minérales, les huiles destinées à l'éclairage ne doivent émettre des vapeurs susceptibles de s'enflammer au contact d'une allumette en ignition qu'à une température égale ou supérieure à 35 degrés. La capillarité, propriété importante quand il s'agit de l'éclairage dans les lampes, varie beaucoup avec les différents pétroles ; elle est moins grande dans les pétroles riches en huiles lourdes. La densité des pétroles bruts diminue rapidement sous l'influence de la température, ce qui peut avoir des conséquences graves pour un réservoir rempli à bonne température et ultérieurement soumis à la chaleur solaire. Enfin, comme combustible, il est reconnu que le pétrole a un pouvoir calorifique supérieur à celui des charbons à poids égal, environ 9.000 à 11.700 calories contre 8.599 pour une houille à gaz.

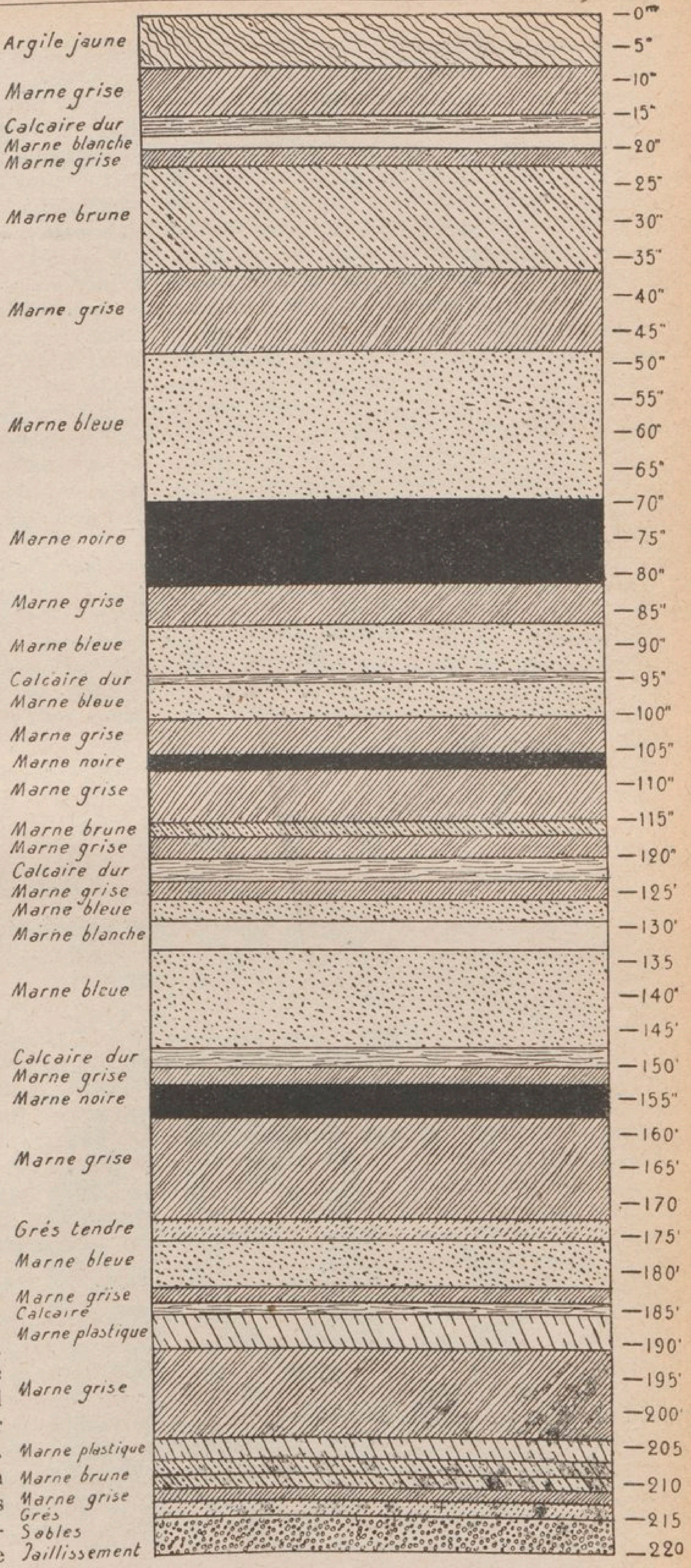
L'usine de Durrenbach, construite tout récemment, met en pratique un procédé breveté en Allemagne, en août 1907, et qui consiste à produire dans le vide, une vaporisation complète du pétrole, pour le condenser ensuite dans une série de vases clos, maintenus à des températures constantes. Les pétroles bruts traités dans cette usine proviennent surtout des « lentilles » les plus rapprochées du sol. Ces pétroles, très pauvres en produits légers, sont très épais, extrêmement paraffineux et supporteraient dans de mauvaises conditions la distillation comme elle est pratiquée à Pechelbronn.



LA STATION FOURNISSANT L'ÉLECTRICITÉ AUX USINES DE PECHELBRONN

Le principe de la distillation est le suivant : la volatilisation du pétrole brut, réchauffé au préalable, se fait dans trois cornues placées dans un seul massif de maçonnerie et bien enveloppées de briques ; la vapeur surchauffée arrive par le centre jusqu'au fond de la cornue, elle pulvérise le pétrole tout d'abord chauffé, qui arrive sur le fond très chaud de la cornue. Sous la triple influence de la pulvérisation, de la chaleur et du vide, les





COUPE GÉOLOGIQUE DU PUITS DE PÉTROLE DE TILIOUANET (ALGÉRIE)

Aux environs de Relizane, dans la province d'Oran, après avoir traversé différentes couches de marnes, de calcaires et de grès, ce sondage a rencontré le pétrole à une profondeur de 220 mètres.

parties les plus volatiles du pétrole se trouvent volatilisées instantanément et entraînées vers les bouteilles de condensation, tandis que l'asphalte reste dans la cornue. Lorsque la quantité d'asphalte restée dans la cornue est suffisante, on isole cette dernière des condenseurs. La vapeur qui continue à arriver fournit la pression nécessaire pour évacuer le brai dans une cuve fermée, placée au dehors du bâtiment. Le brai évacué, il suffit de fermer le robinet de vidange pour que la cornue soit prête à rentrer dans la fabrication. La température que l'on cherche à maintenir dans ces cornues est assez élevée; elle varie entre 400° et 450° centigrades.

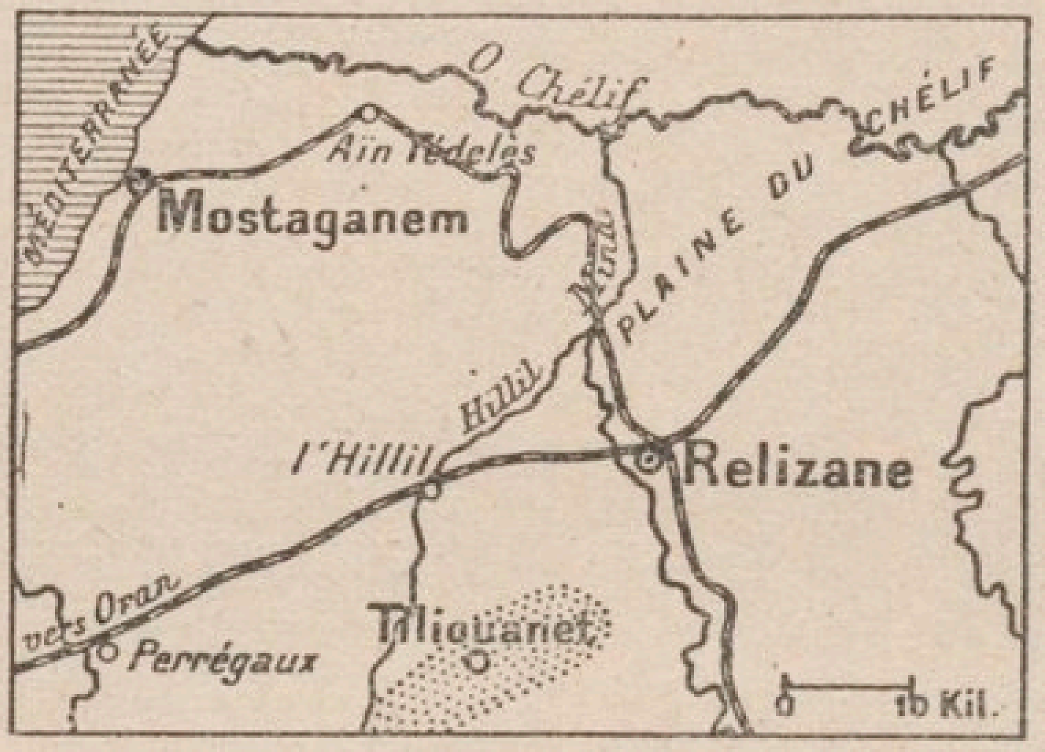
Au sortir de ces cornues, les vapeurs de pétrole sont reçues dans des vases en fonte, bien protégés de l'air extérieur par d'épais revêtements de briques; les vases sont chauffés extérieurement au moyen d'un serpentin noyé dans la fonte et dans lequel on fait circuler de la vapeur surchauffée de 300 à 400°. Les températures que l'on cherche à maintenir dans ces condenseurs doivent correspondre à la condensation de

produits bien déterminés. En 1911, on utilisait le premier vase à la production d'huile à cylindre, les deux suivants pour l'huile-machine, le quatrième pour les huiles-filatures, et, enfin, le cinquième, pour les huiles à gaz. L'huile qui se rassemble au bas de chaque condenseur, dans lequel on fait le vide, est extraite constamment au moyen d'un robinet d'une construction très curieuse. Le boisseau de ce robinet, qui peut être animé d'un mouvement de rotation dans un sens déterminé, n'est pas percé de part en part, mais possède une alvéole qui, lorsqu'elle passe en face de la tubulure de sortie, se remplit d'huile. Le boisseau continuant à tourner, cette alvéole est mise en communication avec l'extérieur et le pétrole s'écoule. L'alvéole, vide d'huile mais pleine d'air, se présente alors en face de l'orifice d'un tube qui est constamment en communication avec la pompe à vide, l'air est rapidement aspiré et l'alvéole repasse en face de l'arrivée d'huile où elle se remplit à nouveau, etc., etc... En réglant la vitesse de rotation du boisseau, on peut vider constamment le condenseur de l'huile qu'il contient.

L'huile qui s'écoule de chaque condenseur est recueillie dans des réservoirs où elle est refroidie par des serpentins d'eau froide. C'est de là qu'elle est reprise pour être envoyée à la raffinerie. A la sortie du cinquième condenseur, les gaz et vapeurs non condensés sont entraînés dans un serpentin refroidi par de l'eau, pour que les gaz seulement soient aspirés au déphlegmateur par la pompe à vide. Le vide maintenu dans ce déphlegmateur atteint couramment 60 millimètres de mercure. Les huiles distillées obtenues par cette méthode sont aussi peu odorantes que possible et possèdent de très hauts points d'inflammabilité.

Le brai provenant des cornues de distillation est refondu pour obtenir un brai très homogène, qui est coulé en pains et vendu comme isolant pour les câbles électriques. Ce procédé est remarquable, envisagé au point de vue du raffinage des bitumes et asphaltes ; mais sa conduite est délicate, car, la moindre dérogation aux conditions indiquées précédemment influe sur les qualités de l'huile. On peut faire trois opérations en l'espace de vingt-quatre heures, ce qui représente environ 15.000 kilogrammes de brut.

L'organisation commerciale des trois usines est fort bien comprise et, suivant les circonstances, on peut faire varier les modes de fabrication des trois raffineries pour produire tel ou tel produit dont la vente sera plus rémunératrice ou correspondra mieux avec la production des huiles brutes. C'est d'ailleurs pour faciliter ces changements que l'on a multiplié le nombre des variétés des produits fabriqués : huiles lampantes, essences, huiles à graisser, résidus alcalins, goudrons, huiles d'anthracène, paraffines. Il nous appartient — l'Alsace étant redevenue française — de continuer cette exploitation avec le même succès que ceux qui l'ont installée.



CARTE DES PÉTROLES D'ALGÉRIE
L'exploitation de Tiliouanet produit de 50 à 60 hectolitres par jour.

Il nous reste à parler encore des pétroles d'Algérie. La région vraiment intéressante est celle du Dahra et de Relizane, à l'est de Mostaganem, dans la province d'Oran, où les forages ont été effectués en deux points : Aïn Zeft et Tiliouanet. A Aïn Zeft, on a rencontré le pétrole à 405 mètres de profondeur ; à Tiliouanet, le sondage, dont nous donnons à la p. 539 une coupe géologique, a trouvé le jaillissement à 220 mètres environ. Un groupe anglais avait foré sept à huit puits avant la guerre, puis avait passé la main à une société française qui a continué à exploiter les puits déjà creusés et en a foré cinq autres, en attendant d'obtenir la concession définitive qu'elle demande sans succès depuis cinq ans déjà. La production de ce chantier est de 5 à 6.000 litres par jour ; mais on a la certitude qu'on arrivera bientôt à une production très intéressante de pétrole puisque, avec des moyens de fortune, on est parvenu déjà à de beaux résultats. Le pétrole est de très bonne qualité.

La France n'est donc pas complètement déshéritée, mais, dans le chiffre qu'atteint la production mondiale du pétrole, dans les quantités qu'exige sa propre consommation, ce qu'elle en peut récolter n'équivaut même pas à la goutte d'eau qui fait déborder le vase.

PAUL MEYAN.

NOUVEAU PROCÉDÉ POUR LE TIRAGE DES ÉPREUVES PHOTOGRAPHIQUES

Par Jules MAILLEFERT

L'appareil Raïsky pour le tirage rapide des épreuves photographiques au bromure se présente sous l'aspect d'un meuble en chêne ciré qui ressemble fort à un petit bureau d'un aspect extérieur élégant.

A la partie inférieure est disposée une glace inclinée à 45° et destinée à réfléchir la lumière sur la partie horizontale de l'entablement. (Voir les différentes figures ci-après).

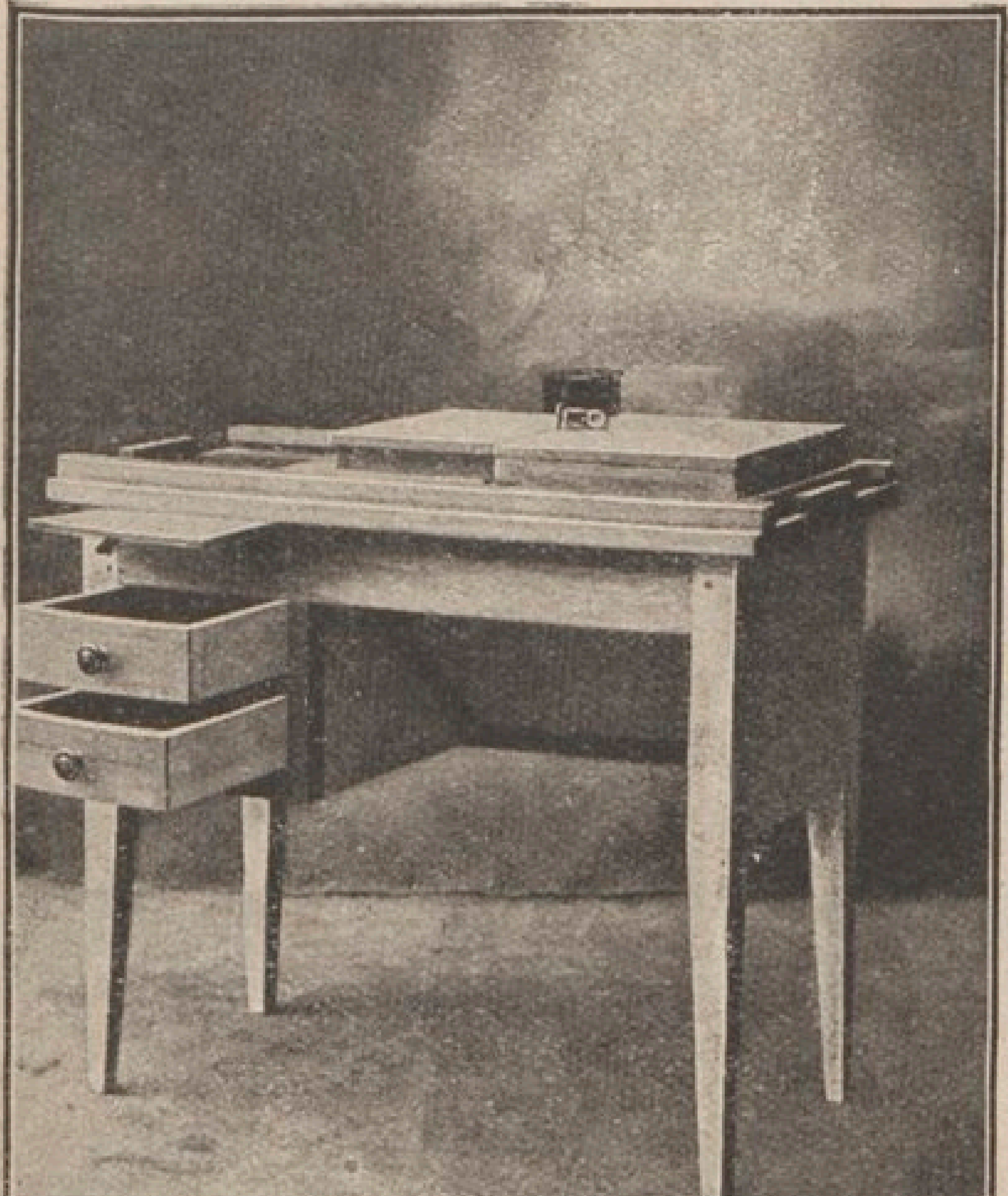
En avant, se trouvent deux tiroirs complètement étanches à la lumière où l'on peut renfermer les papiers et tous les accessoires. Une tablette coulissante sert à déposer les diverses épreuves en cours de développement.

A l'arrière du meuble est montée une lanterne qui fonctionne avec tous les genres usités d'éclairages artificiels et que l'on peut supprimer si l'on préfère se servir de la lumière solaire. Dans ce dernier cas, l'appareil se raccorde exactement à une ouverture pratiquée dans la cloison de la chambre noire.

Dans l'entablement, sont pratiquées deux ouvertures dont l'une peut recevoir un verre rouge, jaune ou vert au gré de l'opérateur, tandis que l'autre, qui correspond à l'exposition du sujet qu'il s'agit de photographier, est fermée par un verre blanc ou par une glace dépolie. Le châssis-presse, disposé dans une glissière, se ramène alternativement, soit sur le verre jaune pour le chargement, soit sur la lumière blanche pour l'exposition.

Ce châssis, à double compartiment, est généralement muni à sa partie postérieure, soit d'un dégradateur, soit d'une épaisseur de papier de soie qui a pour but de tamiser encore la lumière, s'il y a lieu de travailler avec un jour tout à fait adouci. Le couvercle du châssis est disposé de manière à se maintenir en place une fois ouvert, sans aucune intervention directe de l'opérateur.

On comprend aisément que l'impression se faisant ainsi par un mouvement de va-et-



MEUBLE CONTENANT LES APPAREILS

CHARGEMENT DU CHASSIS-PRESSE

INTERPOSITION D'UN DÉGRADATEUR OU DE DIFFUSEURS POUR LE TIRAGE DU CLICHÉ

vient, la rapidité du tirage est sensiblement égale à celle que l'on pourrait obtenir si l'on employait une presse typographique, car l'opérateur n'a pas un seul geste inutile à faire et ne perd donc pas une minute.

La ferrure du couvercle formant charnière se ferme seule une fois que ce dernier est rabattu et se dégage de même automatiquement dès que l'on ramène le châssis à la position correspondant au chargement.

On peut obtenir ainsi un nombre moyen d'épreuves, variant de trois cent cinquante à quatre cents par heure, quand on opère avec des clichés d'intensités diverses, qui nécessitent souvent des essais. S'il s'agit de tirer des épreuves sur un même cliché, on peut en obtenir cinq cents à l'heure dans de très bonnes conditions et très économiquement.

En employant un jeu d'intermédiaires, l'opérateur arrive à tirer très rapidement d'excellentes épreuves sur un support épais avec marge, ces épreuves étant destinées à être gaufrées par la suite. On obtient ainsi des marges rigoureusement égales sans qu'il soit nécessaire de recourir à un calibrage. Cette précision de fonctionnement est absolument indispensable pour obtenir de bons tirages sur des papiers à la cuve, avec bords arrachés, ainsi que pour la préparation des grands tirages d'épreuves sur cartes postales.

Le meuble est exécuté dans tous ses détails comme une pièce d'ébénisterie très soignée ; les assemblages sont étudiés de manière à éviter tout travail et toute déformation ultérieure du bois qui pourraient être nuisibles à la précision indispensable du châssis-presse.

Grâce à cette fabrication soignée, l'appareil est très robuste et, pour ainsi dire, pratiquement inusable, car ses frais d'entretien se réduisent à l'achat d'un peu d'encaustique servant à maintenir le bois brillant.

A côté du châssis est disposé un coffre dans lequel on conserve le papier que l'on a ainsi sous la main pendant le travail. Si l'on a besoin d'opérer à la lumière blanche, ou de sortir, on n'a qu'à rabattre le couvercle du coffre, qui est construit de manière à être parfaitement étanche à toutes les lumières.

Ce genre d'appareil peut donc rendre de très grands services, aussi bien dans les ateliers de photographie industrielle que chez les éditeurs ou marchands de cartes postales, à qui il permettra d'utiliser très facilement des clichés personnels ou achetés à des amateurs. On peut en effet obtenir ainsi à peu de frais des tirages très importants et très soignés, susceptibles d'une vente rémunératrice, sans avoir recours à un imprimeur.

JULES MAILLEFERT.

TROISIÈME ET DERNIÈRE POSITION CORRESPONDANT A L'EXPOSITION DU CLICHÉ TIRÉ

POUR PRÉVENIR LES CONSÉQUENCES DES CHUTES D'AVIONS

Par Anselme **ROBERT**

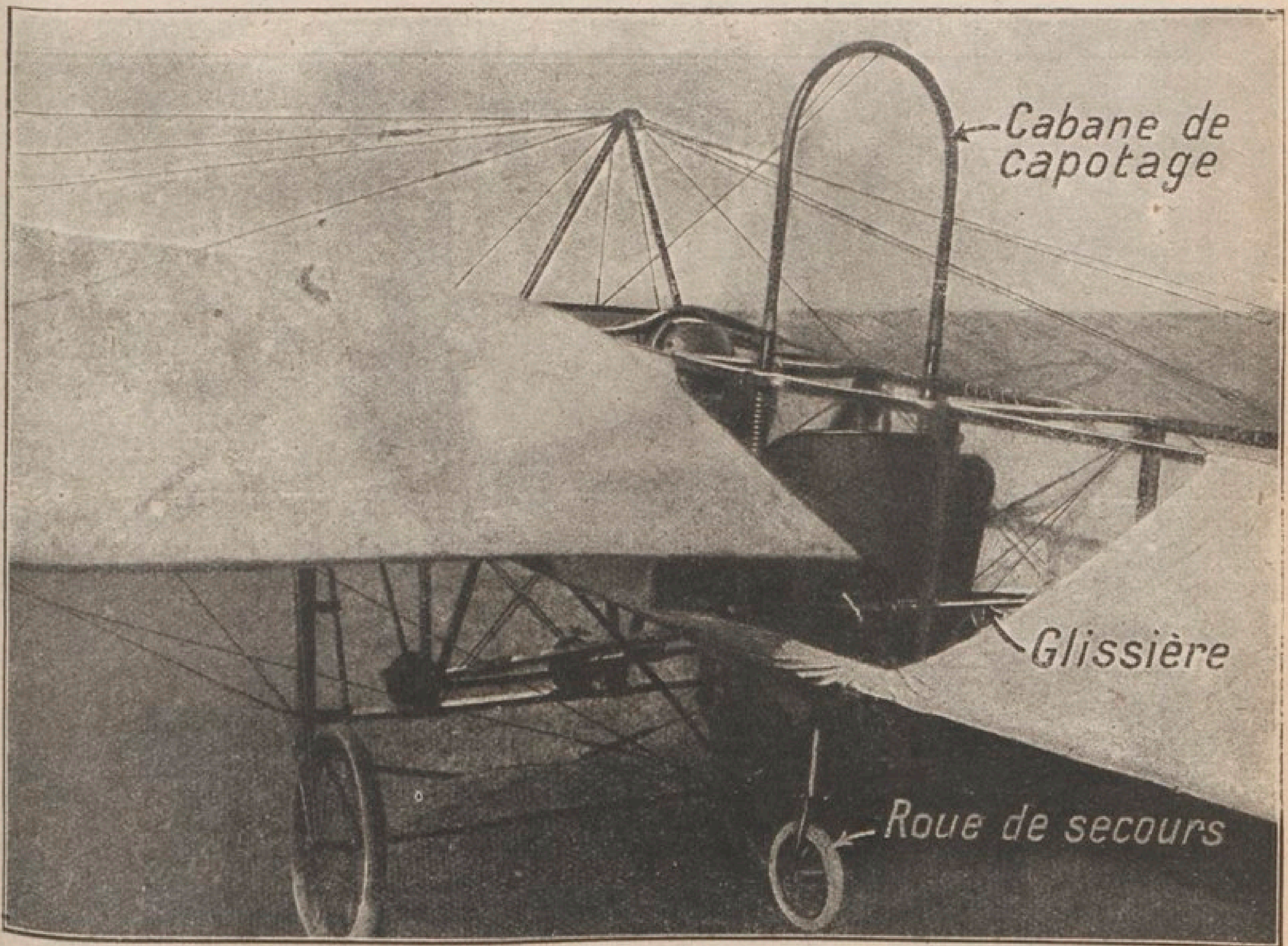
L'aviation renaît aujourd'hui à la vie civile et elle va, de nouveau, se trouver en présence des problèmes importants et non résolus qui, avant la guerre, limitaient l'emploi des machines volantes et paralysaient l'essor de la navigation aérienne.

L'aviateur militaire, fidèle au devoir et n'écoutant que son courage, se rit des dangers qu'il court et il n'y pense même pas, entraîné qu'il est par l'ardeur d'une lutte exigeant une tension d'esprit de tous les instants.

Les organisateurs des services publics aériens doivent, au contraire, se préoccuper de défendre l'existence de leurs voyageurs et de leurs pilotes, dont ils sont responsables.

Pour arriver à une solution complète du problème de la sécurité en avion, on peut chercher, soit à supprimer la chute, ce qui semble bien difficile, soit, au contraire, à réduire au minimum les conséquences d'un accident dont on admet la possibilité.

Les grands appareils mis en service pendant la guerre doivent leur sécurité relative à l'ampleur de leurs ailes et à la puissance de leurs moyens de propulsion. De nombreux risques subsistent encore cependant et la conduite de nos machines à voler exige, de la part des pilotes, une attention et un



VUE D'UN AÉROPLANE MUNI D'UNE « CABANE DE CAPOTAGE »

La béquille avec roue de secours placée sous le siège du pilote a pour but de parer aux conséquences désastreuses de la chute dite « plaquage ». *Comme dans le cas de la* « chute piquée » *et du* « capotage », *le siège est freiné par de puissants ressorts amortisseurs qui limitent son déplacement horizontal.*

effort continus. L'habileté manœuvrière ne suffit pas toujours à prévenir les accidents.

Il semble donc rationnel de munir les appareils de dispositifs propres à limiter les effets des chutes, puisque l'on n'est pas parvenu à rendre ces dernières impossibles.

Le problème qui se pose à l'inventeur qui cherche à atténuer les effets des chutes d'aéroplanes est extrêmement complexe, puisqu'il faut prévoir trois cas d'atterrissage dangereux, suivant qu'il y a chute piquée (l'appareil tombant verticalement l'hélice en avant), *plaquage* brusque sur le sol au moment de l'atterrissage, ou *capotage*, l'aviateur se trouvant alors pris entre le sol et son appareil renversé les roues en l'air.

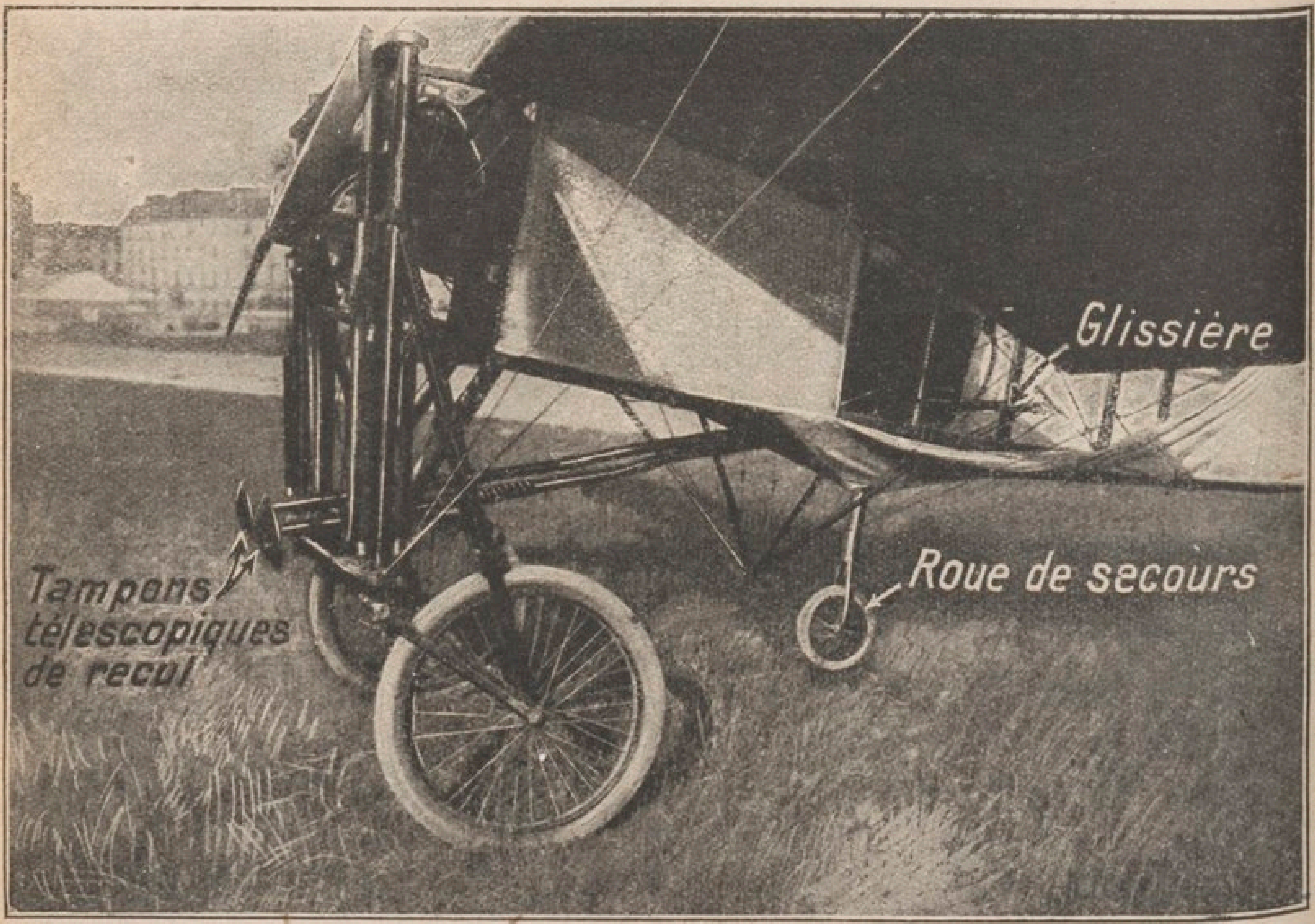
Peu de temps avant le 1er août 1914, un aviateur français, M. Fétu, avait expérimenté avec succès, à Issy-les-Moulineaux, l'amortisseur-élévateur de M. N. Lacrotte, dans lequel l'inventeur s'est efforcé d'obtenir un effet utile de sécurité, quelles que soient les circonstances de l'atterrissage.

Comme le montrent les photographies qui accompagnent cet article, des tampons placés en avant du train répondent au cas de piquage, tandis que les effets d'un plaquage brusque sont combattus par une roue de sécurité montée à l'extrémité d'un montant placé sous le siège. Ce dernier peut se déplacer verticalement et longitudinalement en un mouvement freiné par les ressorts à boudin disposés sur les tiges télescopiques.

La tête de l'aviateur est protégée, lors d'un capotage, par un arceau d'acier qui surmonte le siège (voir la figure de la page précédente) et les ressorts dont nous venons de parler contribuent en même temps à amortir le choc ressenti. La réalisation de cet appareil est en quelque sorte la traduction mécanique d'une remarque extrêmement judicieuse faite par le général Hirschauer dans un discours prononcé devant la Chambre des députés le 27 juin 1913.

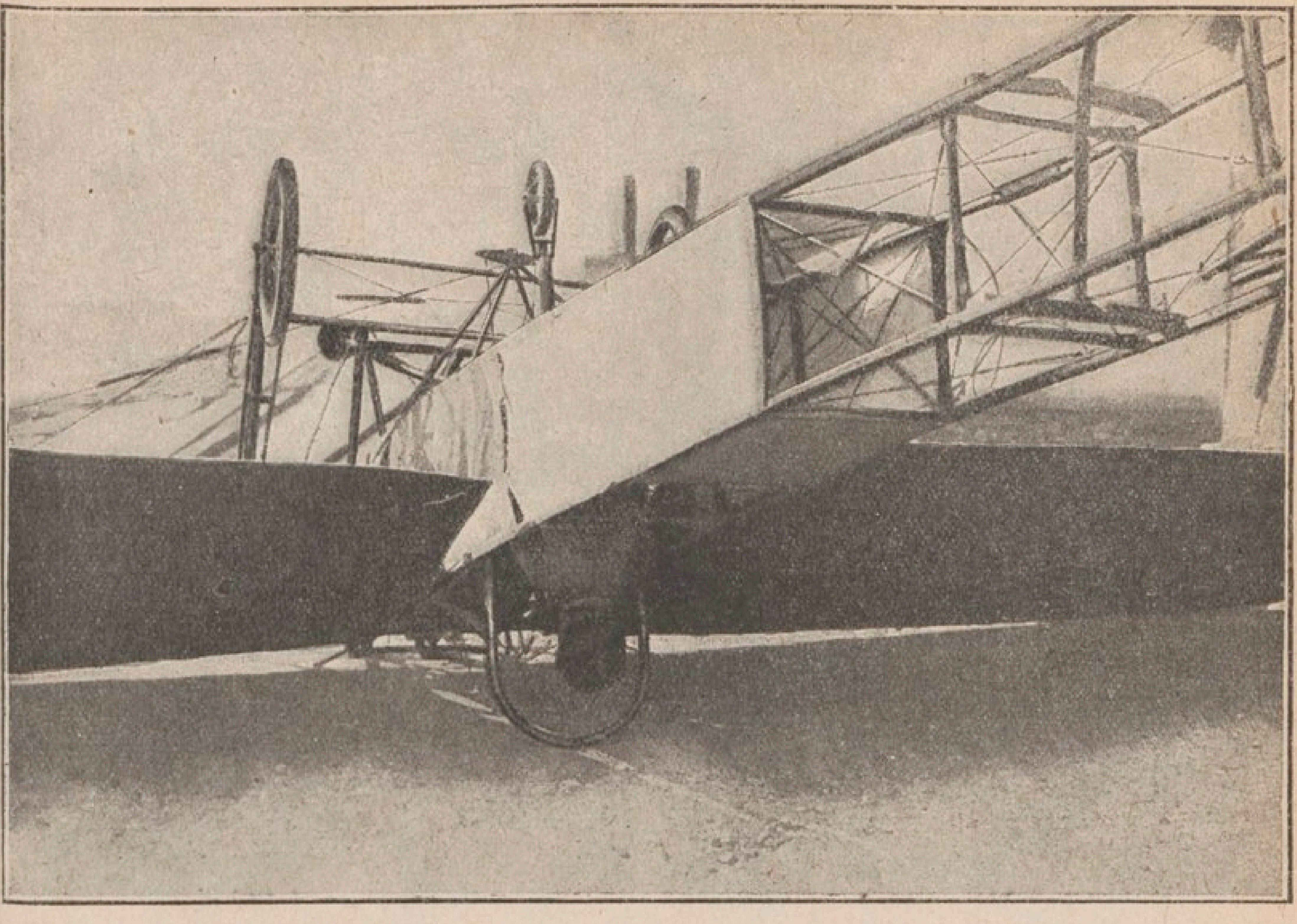
L'éminent chef de l'Aéronautique militaire s'exprimait ainsi qu'il suit :

« Nous sommes obligés de nous dire que, malgré les stabilisateurs et toutes les mesures de sécurité, il pourra y avoir encore des chocs à terre ; il s'agit de savoir ce que l'on peut faire pour amortir ces chocs que l'on n'aura pas pu éviter. On voit, par exemple, le plongeur tomber de très haut dans une petite nappe d'eau, suffisante cependant



VUE MONTRANT LES TAMPONS TÉLESCOPIQUES DE RECUL

En cas de chute « piquée », le siège de l'aviateur, repoussé par les tampons disposés à l'avant de l'appareil, glisse sur des coulisses dans le sens contraire de la direction du choc. Le pilote, déplacé automatiquement, évite ainsi d'être blessé grièvement ou écrasé par le moteur et par les organes voisins.



POSITION D'UN AVIATEUR DANS UN APPAREIL CAPOTÉ

L'arceau tubulaire, ou « cabane de capotage » préserve la tête du pilote, qui reste attaché à son siège, théoriquement sain et sauf, mais dans une position évidemment peu agréable. L'avion lui-même n'est pas endommagé, malgré une chute d'une certaine hauteur qui eût démoli un appareil ordinaire.

pour amortir un choc des plus rudes ; on voit des gymnastes faire des sauts de très haut et amortir les chocs par une simple flexion des jambes. Ces expériences nous montrent qu'il faut très peu de chose pour amortir un choc qui, sans amortissement serait déjà mortel. » Ceci est très exact.

D'ailleurs, à part les cas de rupture d'ailes et d'explosion de moteurs, qui deviennent de plus en plus rares, grâce aux progrès réalisés dans la construction des avions, on peut dire que la plupart des chutes ont lieu d'une faible hauteur. Tous les pilotes expérimentés sont unanimes pour reconnaître qu'ils sont beaucoup moins en danger quand ils volent à grande altitude que quand ils se trouvent dans le voisinage du sol. Il y a malheureusement des confirmations de cette opinion.

On peut donc concevoir qu'un appareil bien étudié suffira pour amortir les chutes normales se présentant dans la pratique.

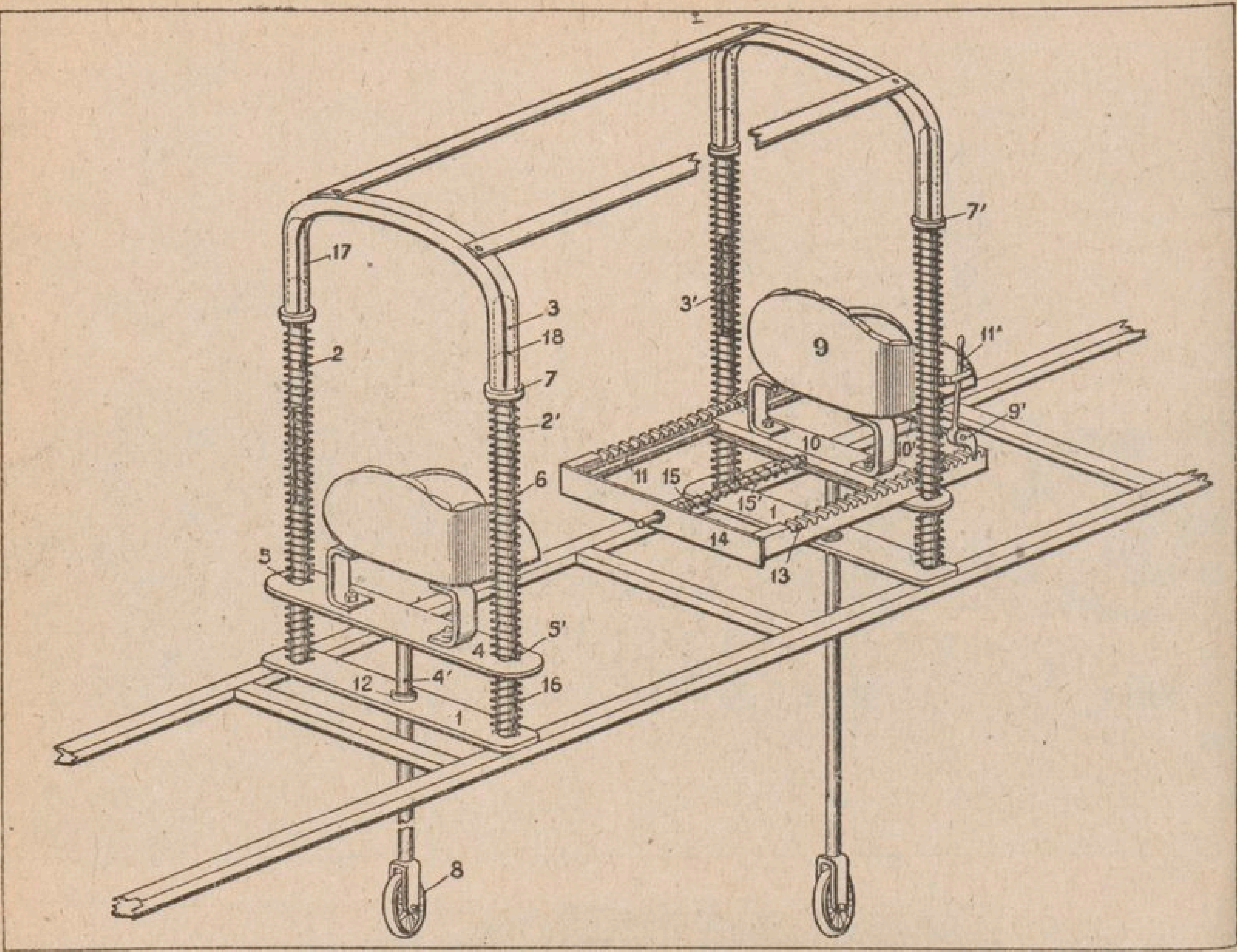
L'amortisseur-élévateur est caractérisé par une pièce 1, en forme d'U, fixée au fuselage. Les tiges verticales *2 2'*, reçoivent à leur partie supérieure un arceau courbe *3* destiné à amortir le choc et à protéger l'aviateur en cas de capotage (figure page suivante).

La traverse 4, en forme de T, présente à ses deux extrémités des glissières 5 5', qui coulissent sur les montants *2 2'*, entourés chacun d'un ressort à boudin *6*, prisonnier entre les glissières *5 5'* et les épaulements *7 7'* de l'arceau *3*, pièce très importante.

A l'extrémité inférieure de la pièce *4*, on prévoit une roue ou un tampon *8* pour qu'en cas de chute ou d'atterrissage brusque, l'appareil, tout en amortissant le choc, puisse faire remonter aussitôt l'aviateur et lui éviter d'être coincé par des montants brisés.

Le siège *9* repose sur une traverse *10* glissant dans des glissières *11*, surmontées de crémaillères *13*. Les extrémités de ces crémaillères sont réunies par une plaque *14* qu'une tige *15* traverse en son milieu ainsi que la pièce *10*. La tige *15*, fixée à la traverse T, est munie d'un ressort à boudin *15'* sur lequel bute la pièce *10* qui soutient le siège. Si ce dernier reculait, le pilote pourrait le ramener à sa position normale en agissant sur un levier *11'* pour soulever deux cliquets de manœuvre *9'*, montés sur un même axe *10'*.

Une bague *12*, montée à billes, a pour but d'éviter le coincement des tiges *4'* et de leur permettre de coulisser tout à fait librement.



AMORTISSEUR-ÉLÉVATEUR DES SIÈGES DU PILOTE ET DU PASSAGER (BREVET DE 1912)

La pièce 1, *fixée au fuselage, supporte deux montants* 2 2' *auxquels est relié un arceau* 3 *destiné à amortir le choc et à protéger l'aviateur en cas de capotage. La traverse* 4 *présente à ses deux extrémités des glissières* 5 5' *coulissant sur les montants* 2 2', *lesquels reçoivent chacun un ressort à boudin* 6 *et prisonniers entre les glissières* 5 5' *et les épaulements* 7 7' *de l'arceau* 3. *A l'extrémité inférieure de la pièce* 4' *est une roue* 8, *et ainsi l'appareil, tout en amortissant le choc, peut faire remonter l'aviateur de sa position dangereuse. Le siège* 9 *repose sur une pièce* 10, *coulissant dans des glissières* 11 *surmontées de crémaillères* 13 *dont les extrémités sont réunies par une plaque* 14 *traversée en son milieu par une tige* 15 *fixée à la pièce* 4 *et munie de ressort à boudin* 15' *sur lequel bute la pièce soutenant le siège. Quand celui-ci recule, il est maintenu dans la position convenable par deux cliquets* 9' *montés sur le même axe* 10', *sur les côtés de ce siège. Le pilote soulève les cliquets* 9' *au moyen d'un levier* 11, *afin de ramener le siège en place. Les ressorts compensateurs* 16 *amortissent les secousses verticales. Les extrémités* 18 *des tiges* 2 2', *coulissent dans la cavité* 17 *quand l'appareil capote, de manière à amortir le choc produit par une chute possible.*

Les ressorts compensateurs *16*, placés sous le siège, évitent à l'aviateur les secousses de bas en haut et de haut en bas. Les arceaux *3* présentent une cavité *17*, dans laquelle l'extrémité *18* des tiges *2 2'* coulisse assez librement quand l'appareil capote.

Le fonctionnement de l'amortisseur élévateur système Lacrotte est le suivant :

Dans un atterrissage ordinaire, les roues du train agissent seules lorsque l'appareil vient au contact du sol de façon normale.

En cas d'atterrissage brusque, la roue fixée à l'extrémité de la tige *4'* vient à son tour au contact du sol et fait remonter le siège du pilote. Ce dernier n'éprouve donc aucun choc, grâce aux puissants ressorts compensateurs à boudin en acier qui le protègent.

Les arceaux télescopiques des deux tiges *2 2'*, assemblés entre eux par les entretoises *19*, agissent sur les ressorts *6* afin d'amortir les chocs. Le siège étant monté sur une glissière à crémaillères, l'aviateur peut donc reculer très loin de son volant si l'appareil pique en avant sur le sol.

Comme le montre la figure ci-dessus, on peut concevoir un ou plusieurs sièges placés en arrière de celui du pilote et reliés à ce dernier par des tiges horizontales qui rendent leurs reculs solidaires du sien. Le pilote et les passagers bénéficient ainsi des divers dispositifs de sécurité dont est muni l'aéroplane.

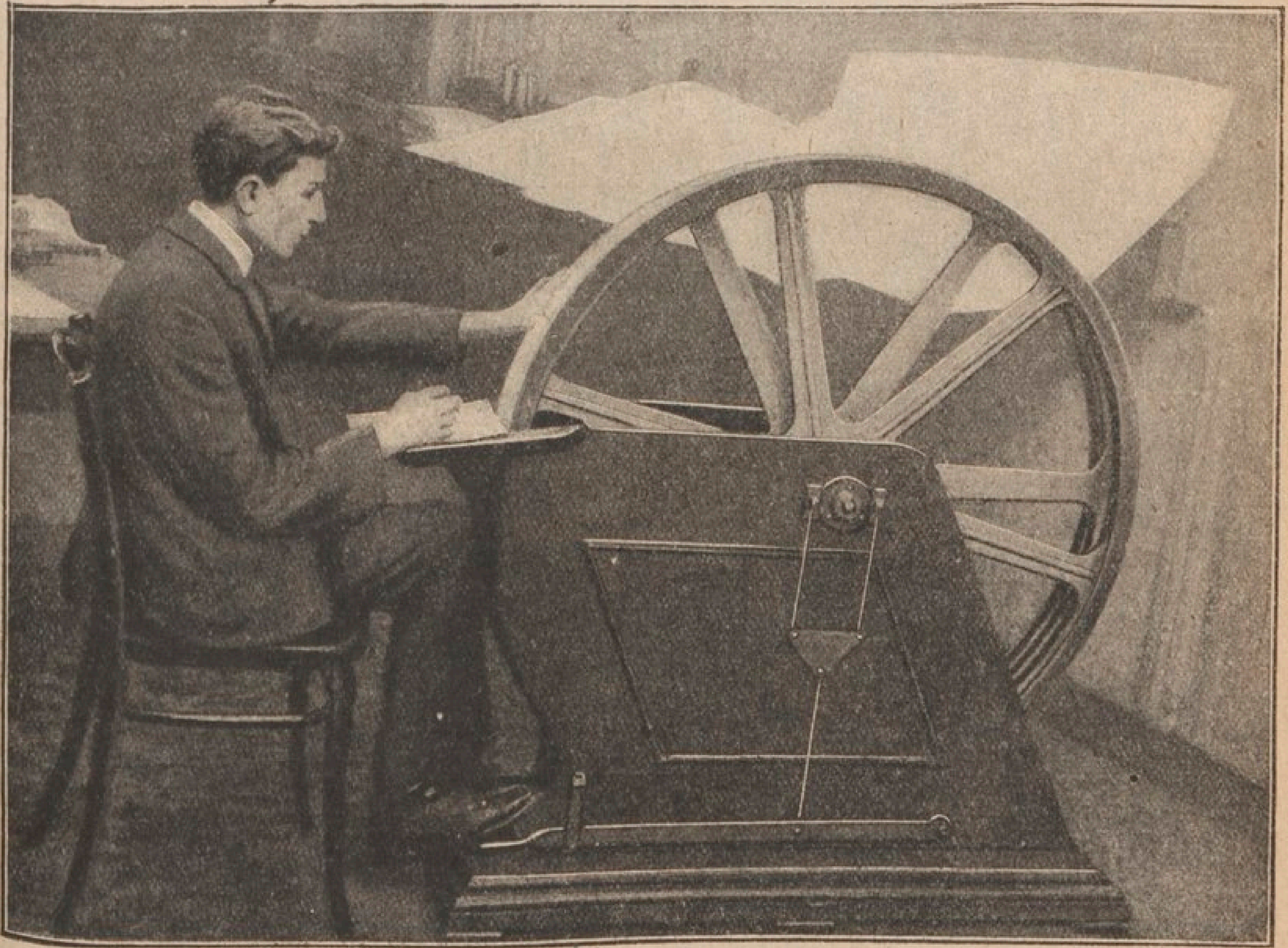
ANSELME ROBERT.

LE CALCUL AUTOMATIQUE DES SALAIRES ET DES BÉNÉFICES

Par Alphonse DREVON

L'OUTILLAGE des bureaux de commerce se perfectionne chaque jour davantage. Dans les usines et établissements commerciaux, la correspondance, le classement des fiches des clients et autres documents nécessaires aux transactions ne se fait plus aussi primitivement que jadis. Non seulement on a substitué des machines à écrire aux plumes et stylographes, mais on rencontre aujourd'hui, dans toute maison de commerce importante, une série d'appareils destinés à faciliter la besogne des employés et, par suite, à économiser leur temps.

Les comptables, par exemple, n'écrivent plus de chiffres à la main, ne font plus d'additions ou de multiplications fastidieuses, de longues soustractions ou divisions. Ils confient ce soin à des *machines à calculer* de types très variés, depuis la caisse enregistreuse jusqu'aux règles et cercles à calcul. Le contrôle Frane, en particulier, enregistre depuis 1 centime jusqu'à 999 fr. 99 et totalise jusqu'à 99.999 fr. 99. Les chiffres s'alignent sous les doigts de l'opérateur, et on peut les corriger avant l'enregistrement sans recourir à un organe spécial. Quand l'employé, après avoir inscrit la somme, tourne la manivelle, le chiffre s'imprime sur une bande de papier avec certaines indications propres à faciliter le contrôle (nature des

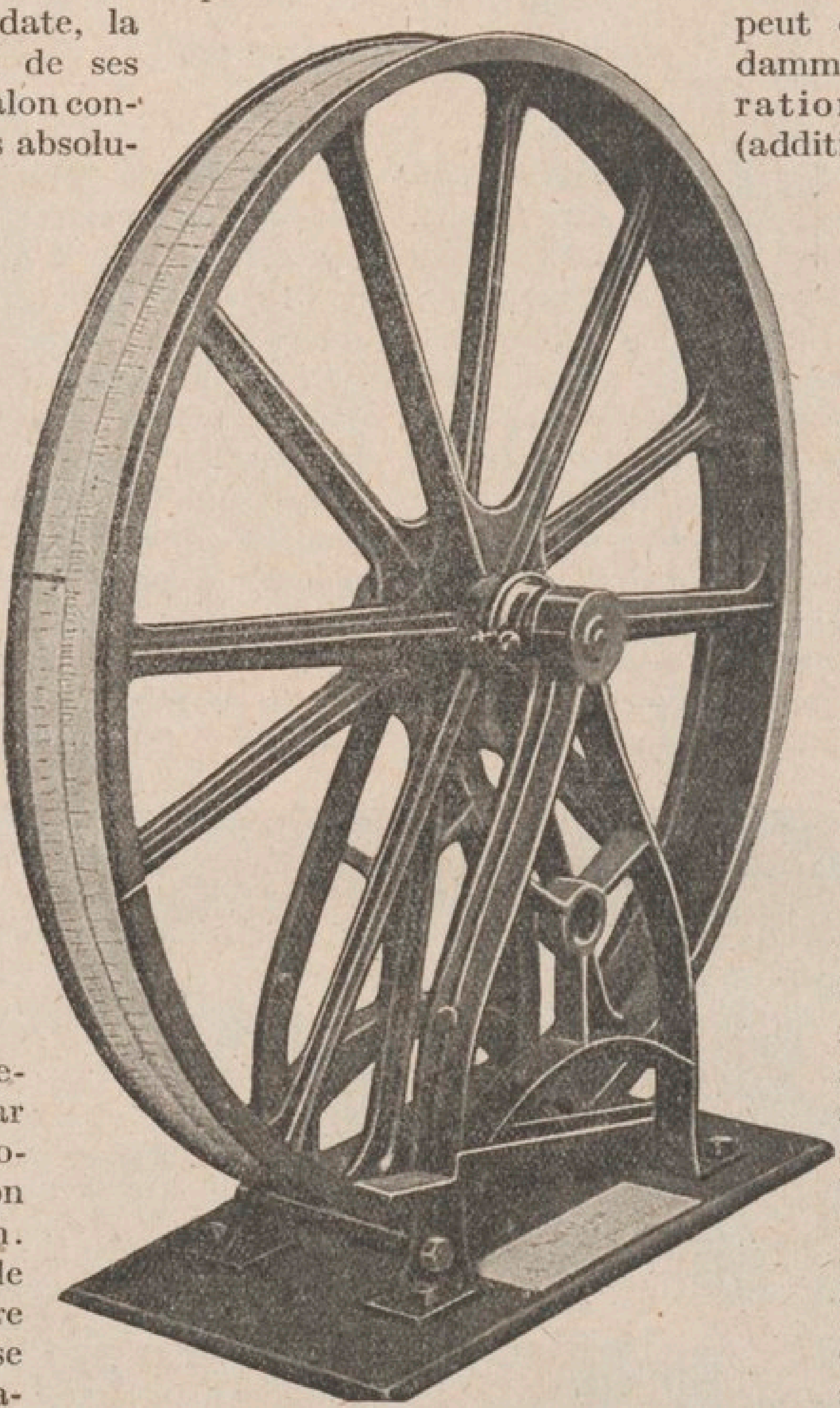


MODÈLE A PÉDALE DU CALCULATEUR DE SALAIRES SMITH DAVIS

Cet ingénieux appareil permet à un comptable de répartir, d'une façon très rapide, et sans erreur possible, des salaires ou des bénéfices entre un certain nombre de travailleurs ou d'associés.

marchandises, numéro du vendeur, etc.) et à établir, chaque jour, le relevé exact des opérations effectuées. Par exemple, les recettes s'impriment à gauche dans une colonne de débit ; dans celle de droite se lisent les ventes à crédit, les dépenses, les rendus, etc. En outre, l'acheteur reçoit un ticket portant un numéro d'ordre, la date, la somme et la nature de ses achats, tandis qu'un talon contenant des indications absolument identiques à celles du ticket reste pour la caisse. Enfin, un timbre ou une sonnerie retentit chaque fois que la caisse fonctionne et avertit le patron que son employé vient d'enregistrer soit une recette, soit une dépense, une vente à crédit ou un rendu.

De son côté l'arithmomètre Thomas, les machines à calculer « Multaddio » et Peerless s'emploient beaucoup dans les établissements français et anglais. Le premier appareil fut successivement perfectionné par le fils de l'inventeur Thomas de Bojano et son constructeur, Payen. Depuis trois quarts de siècle, un grand nombre de sociétés financières se servent de cette machine, qui se compose d'une plaque métallique horizontale fixe sur laquelle on peut inscrire le multiplicande et le diviseur, grâce à des boutons poussés dans des rainures et d'une platine mobile sur laquelle une manivelle permet de faire apparaître le produit ou le dividende et le multiplicateur ou le quotient. Soit, par exemple, à multiplier par 25 le nombre figurant sur la lame fixe ; l'opérateur donne cinq tours de manivelle, fait avancer d'un cran la plaque mobile, puis tourne encore deux fois la manivelle, et il n'a plus qu'à lire le produit dans les lucarnes. En ramenant en arrière un petit levier, la manivelle continuant toujours à tourner dans le même sens l'arithmomètre fonctionne avec la même sûreté pour la soustraction ou la division.



ROUE DU CALCULATEUR DE SALAIRES SYSTÈME SMITH DAVIS (GRAND MODÈLE)

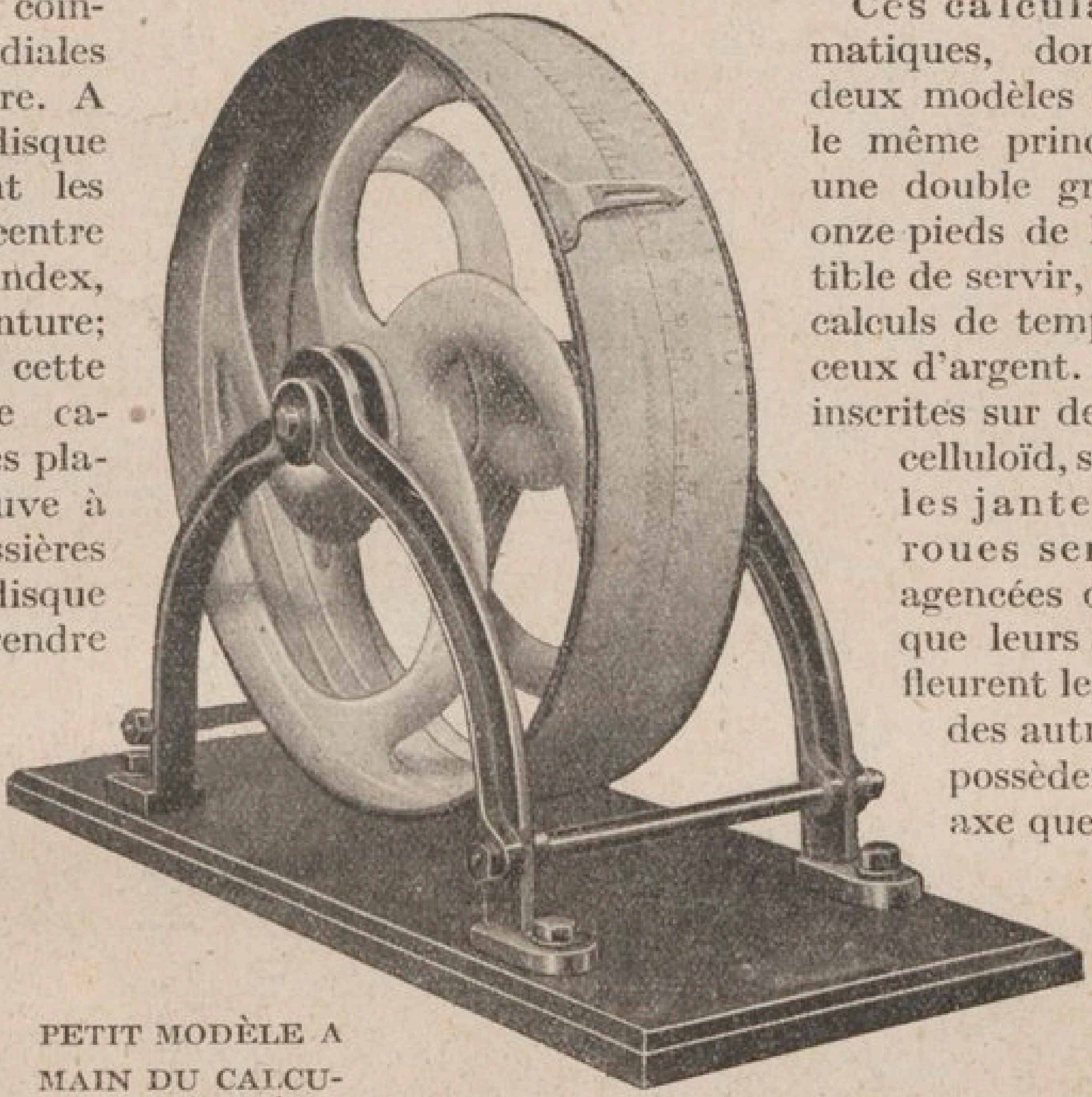
La double échelle de graduation, inscrite sur des bandes de celluloïd, est fixée sur les jantes de deux roues semblables, et agencées de telle sorte que les divisions de chacune d'elles affleurent les unes à côté des autres.

Avec le *calculographe Peerless*, basé sur les mêmes principes que la machine précédente, mais offrant sur elle certains avantages, on peut exécuter, indépendamment des quatre opérations fondamentales (addition, soustraction, multiplication et division), les problèmes d'intérêt et de répartitions proportionnelles. Il porte, en outre, une disposition de virgules à coulisses fort ingénieuse pour les chiffres décimaux. Son maniement est simple, et en moins d'une heure d'apprentissage, tout le monde peut s'en servir. Contrairement à ce qui se produit avec les appareils similaires, la manivelle tourne toujours dans le même sens, autrement dit de gauche à droite, disposition ayant pour but de supprimer une cause bien connue d'erreurs. D'autre part, la mise à zéro, aussi bien sur le cadran que sur le chariot, s'effectue de façon automatique, de sorte qu'on ne saurait oublier aucun chiffre. Enfin, grâce à un système de blocage, les inadvertances de l'opérateur deviennent très rares, sinon impossibles. Effectivement, alors que, pour faire une multiplication d'un nombre quelconque, par 5, par exemple, il faut, dans les machines à calculer, tourner cinq fois la manivelle, et il vous arrive parfois de donner un tour de plus ou de moins, tandis qu'avec le calculographe du système Peerless, il suffit de mettre le secteur à ce nombre, puis de tourner simplement deux fois la manivelle.

Le *cercle à calcul Halden*, qui ressemble à une petite montre et peut se mettre dans la poche, sert à nombre de commerçants ou de contremaîtres américains. Il se compose d'un disque mobile à l'intérieur d'une couronne. Cercle et couronne portent des graduations, et leur ensemble constitue un cadran avec des échelles logarithmiques des deux côtés. Deux plaques en verre, montées dans une bague métallique, maintiennent le tout de part et d'autre. Deux lignes radiales sont tracées sur les verres pour former les curseurs. Avec les pouces, on fait tourner les plaques de façon à amener la coïncidence des lignes radiales avec les chiffres à lire. A cet effet, on place le disque du cadran en serrant les écrous placés au centre entre le pouce et l'index, et en tournant la monture; la couronne est fixée à cette bague extérieure. Le cadran, enfermé dans des plaques de verre, se trouve à l'abri de toutes poussières et, d'autre part, le disque central ne peut pas prendre de jeu, ne s'appuyant pas sur la couronne qui l'entoure, mais sur des plaques de verre soigneusement ajustées dans une monture métallique en bronze dur.

L'instrument porte huit échelles; sur la face recto se voient l'échelle des racines carrées, les deux échelles à calcul, et une échelle logarithmique; sur le verso, on lit l'échelle des racines cubiques, deux échelles à calcul pour les proportions inverses et une échelle pour la mesure des angles.

Constatons que le cercle à calcul Halden présente certains avantages. Son port dans la poche est aisé, les chiffres se trouvent à l'abri des poussières et restent toujours lisibles ; le disque central, ne s'appuyant pas sur la couronne qui l'entoure, mais sur des plaques en verre soigneusement encastrées dans une monture métallique, ne prend pas de jeu. Malheureusement, les graduations des règles à calcul s'effacent assez vite par l'usage, et le bois se rétrécissant à la longue, leurs coulisseaux finissent par mal s'ajuster.



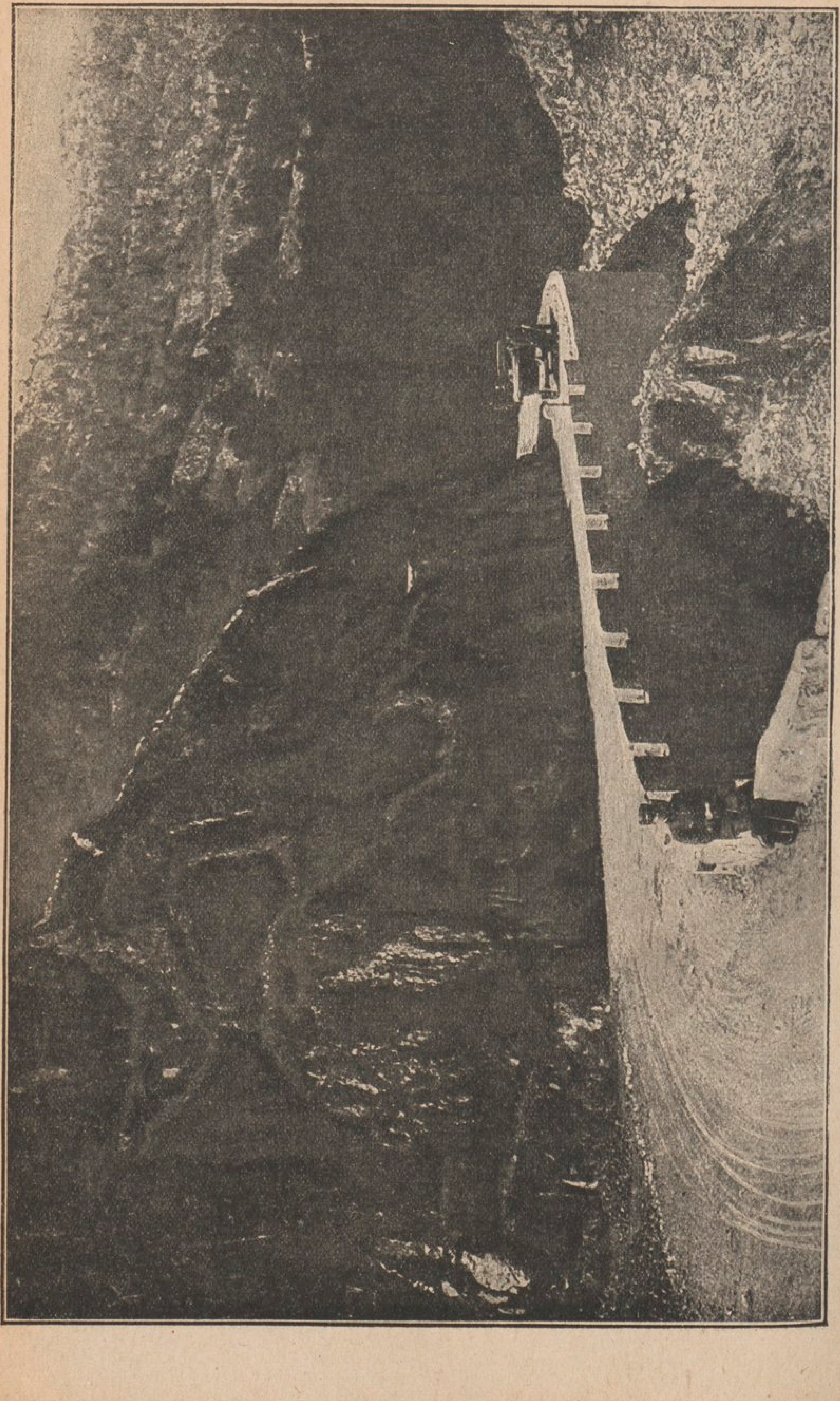
PETIT MODÈLE A MAIN DU CALCULATEUR DE SALAIRES ET DE BÉNÉFICES SMITH DAVIS

Les deux roues accolées de l'appareil possèdent le même axe, que supporte un bâti en fonte. Chacune peut tourner ou s'immobiliser séparément, grâce à un ressort, et l'une d'elles porte un index. Ce modèle se manœuvre à la main.

Les *calculateurs automatiques de salaires*, dénommés « balance calculators », par leur inventeur anglais, M. Smith Davis, ont des dimensions plus imposantes que le cercle à calcul Halden, et bien que rentrant également dans la catégorie des instruments logarithmiques, ils répondent à d'autres besoins commerciaux. Ces ingénieux appareils permettent, en effet, de répartir des salaires ou des bénéfices entre un certain nombre de travailleurs ou d'associés, leurs divisions étant proportionnelles au tarif quotidien ou hebdomadaire fixé pour chaque homme.

Ces calculateurs automatiques, dont il existe deux modèles reposant sur le même principe, portent une double graduation de onze pieds de long, susceptible de servir, soit pour les calculs de temps, soit pour ceux d'argent. Les échelles, inscrites sur des bandes de celluloïd, sont fixées sur les jantes de deux roues semblables et agencées de telle sorte que leurs divisions affleurent les unes à côté des autres. Ces roues possèdent le même axe que supporte un bâti en fonte ; chacune d'elles peut tourner ou s'immobiliser séparément, grâce à un ressort et l'une porte un index. Le petit modèle est à main, tandis qu'un dispositif à pédale facilite la manœuvre des roues du grand modèle, comme une de nos photographies l'indique. Sur l'une des graduations s'inscrivent les tarifs et, sur l'autre, on trouve, par une simple lecture, les salaires quotidiens ou hebdomadaires dus à chaque travailleur ou associé.

Ces nouveaux instruments permettent, d'ailleurs, de calculer rapidement toutes répartitions proportionnelles (taux, honoraires, bénéfices, temps, etc.) ; ils rendent de grands services aux comptables des établissements anglais et il suffirait de changer leurs graduations pour que des maisons françaises puissent les utiliser. A. DREVON.



MUR DE SOUTÈNEMENT D'UNE ROUTE EN LACETS CONSTRUITE EN ALSACE, PENDANT LA GUERRE, PAR LES SERVICES ROUTIERS MILITAIRES

L'EFFORT ACCOMPLI POUR LA CONSTRUCTION DES ROUTES PENDANT LA GUERRE

Par le Commandant VERRIÈRE

INGÉNIEUR EN CHEF DES PONTS ET CHAUSSÉES

La guerre qui vient de bouleverser le monde s'est faite dans des conditions sans précédent par l'importance des effectifs en jeu et des ravitaillements de toutes sortes : vivres, munitions, matériels variés qui étaient nécessaires pour permettre aux armées de vivre et de combat re.

A mesure que s'accroissait la densité de ces effectifs, les voies de communication qui permettaient l'envoi des matériaux, des vivres, des munitions de l'arrière jusqu'à la ligne de combat, devaient se développer. Et les armées se sont vues dans l'obligation d'entreprendre la construction de lignes de chemin de fer, de réseaux de voie étroite et de routes.

On peut dire qu'avant les hostilités on s'était à peu près borné à envisager la question des communications par grandes lignes de chemin de fer. Un régiment spécial du génie et beaucoup d'officiers de cette arme avaient été spécialisés dans la construction et dans l'exploitation des voies ferrées normales, alors qu'on ne prévoyait pas d'organisation semblable pour les voies ferrées étroites, et encore moins pour les routes.

En ce qui concerne ces dernières, cepen-

LACETS D'UNE ROUTE DE MONTAGNE CONSTRUITE PENDANT LA GUERRE

On voit, à droite, un lac-réservoir et son barrage en maçonnerie. Le mur de soutènement que représente la grande photographie de la page précédente a été édifié dans un des lacets de cette route pour éviter d'entailler la montagne rocheuse, ce qui eût nécessité un travail considérable.

dant, on ne tarda pas à créer dans les armées des services chargés de la construction de nouveaux chemins et du maintien en bon état de ceux que la mobilisation des personnels de la voirie et le départ des civils de la zone de l'avant laissaient sans entretien. Dès le début de 1915, il existait dans la plupart des armées des « services routiers ».

On peut signaler en passant que ce fut un des premiers exemples, et des plus nets, de l'utilisation des spécialistes. Ces services furent, en effet, dirigés par des ingénieurs en chef ou des ingénieurs des Ponts et Chaussées auxquels on adjoignit des sous-ingénieurs, des conducteurs et des adjoints techniques des Ponts et Chaussées, ainsi que des agents voyers. Comme troupes spéciales, on leur donna des compagnies de cantonniers, formées avec les cantonniers mobilisés de la territoriale qui eurent pour sous-officiers des chefs cantonniers, et pour officiers des fonctionnaires des services de voirie et des entrepreneurs. C'étaient des cadres complets.

Ces services routiers, qui se sont considérablement accrus, ont joué un rôle des plus importants, qu'on peut résumer dans les principales opérations suivantes :

Exploitation intensive des carrières ;

Organisation des transports de pierre ;

Elargissement des routes ;

Construction de nouvelles routes.

C'est cette dernière opération sur laquelle nous nous proposons de donner ici quelques indications qui ne manquent pas d'intérêt.

L'étude du tracé

La construction d'une route est un des travaux qui semblent les plus courants et les plus faciles. Il en est peu, cependant, qui nécessitent des moyens aussi puissants, et qui exigent plus de méthode dans l'organisation, plus de labeur dans la réalisation.

Il semble — ou du moins il semblait à beaucoup au début de la guerre — qu'il était bien plus facile de construire une route qu'un chemin de fer. L'exemple des pays neufs d'outre-mer, où souvent le chemin de fer précède la route parce que moins long à établir, donnait, il est vrai, un démenti à cette opinion, qui n'en restait pas moins très répandue dans le public non initié.

De fait, le tonnage de matériaux pour une route permettant le croisement de tous véhicules est du même ordre de grandeur que celui nécessaire à l'établissement d'une voie normale, et la mise en œuvre de ces matériaux

LE FORAGE DES TROUS DE MINE DANS UNE MONTAGNE ROCHEUSE

Ce travail fut effectué en Alsace, sur un certain nombre de points, pour la construction de la route en lacets que représente la photographie de la page 551.

ROUTE EN COURS DE CONSTRUCTION AU FLANC D'UNE MONTAGNE

Les travaux de terrassement sont déjà à moitié terminés, et les ouvriers posent les buses en ciment, d'un diamètre assez grand, destinées à l'écoulement des eaux.

est plus longue pour la route que pour le chemin de fer, parce qu'on n'a pas, en général, de voies ferrées pour amener les matériaux à l'avancement et à cause de la lenteur inhérente à deux des opérations principales, dont il sera question plus loin : la mise en œuvre du « blocage » et les cylindrages.

J'ajoute, avant d'entrer dans le détail des opérations, que la construction d'une route en temps de guerre diffère du même travail en temps de paix par un caractère essentiel.

Lorsqu'une nouvelle route est ouverte, la circulation ne l'utilise que très lentement, progressivement. Il faut, en général, des années et des années avant que le nombre des voitures qui s'y engagent devienne important. Aussi la chaussée, soumise à une fatigue relativement modérée et bien progressive, se consolide-t-elle d'elle-même.

En temps de guerre, il en est tout autrement. A peine la route est-elle finie, souvent même avant son achèvement, elle est livrée à une circulation d'une intensité qui atteint parfois celle des rues des plus grandes villes par la fréquence des véhicules et qui la dépasse le plus souvent par les poids de ceux-ci.

Il va de soi qu'à des circonstances aussi spéciales, il convenait d'adapter les anciens procédés, de manière à réaliser immédiatement des chemins capables de résister avec succès aux circulations les plus intenses.

Le constructeur de routes doit d'abord arrêter un tracé. Lorsqu'il opère en pays plat, il a presque toujours intérêt à prendre la ligne la plus courte, à moins que, pour diminuer un peu les terrassements, et profiter d'un sol déjà consolidé par le passage de voitures, il ne suive une piste ou un petit chemin, très nombreux dans les campagnes.

Lorsqu'il s'agit de pays montagneux, le problème est plus délicat. Le tracé du chemin est conditionné d'un côté par le relief du sol, de l'autre, par la *pente limite* qu'on admet. De beaucoup d'expériences, il résulte qu'on ne peut songer à faire gravir à des sections de camions des pentes d'une grande longueur et qui dépasseraient 9 %. Les camions peuvent bien franchir des déclivités plus fortes et allant jusqu'à 15 %, mais seulement lorsqu'elles ont de faibles longueurs (1).

(1) On parle ici de conditions *pratiques* et non de conditions théoriques et exceptionnelles, comme celles sur lesquelles sont basées les conditions d'épreuves des camions.

Avant la guerre, les camions devaient pouvoir gravir en charge une pente de 12 % sur une longueur courte (200 à 300 mètres), faire plusieurs kilomètres en charge sur une pente de 9 % et remorquer sur la pente de 8 % un autre camion également chargé.

Nous voici donc en présence des données fondamentales de l'avant-projet : le relief du sol figuré sur une carte par des courbes de niveau, et la pente limite. Comment tracer la route dans de bonnes conditions ?

Avec la pente de 9 %, il faudra, pour descendre de la différence d'altitude de deux courbes de niveau, c'est-à-dire, de 10 mètres, un développement en plan de $\frac{10}{0.09} = 111$ mètres. Prenons la longueur de 111 mètres à l'échelle de la carte, soit *a' b'*, et ouvrons un compas au rayon *a' b'*. En décrivant du point *a* à la cote 800, départ du chemin, un cercle de rayon *a' b'*, on coupe en *b* la ligne de niveau 790.

Le tracé *a b* a bien une pente de 9 %.

On décrit de même de *b* pour centre, un nouveau cercle qui coupe en *c* la courbe 780, et ainsi de suite, de manière qu'on obtienne un tracé *a b c d e f*.

Mais il est bien évident qu'on n'a aucune chance, si on continue ainsi, d'arriver au point où l'on veut aboutir. Cela n'est possible qu'à condition de prendre tantôt l'un, tantôt l'autre des points d'intersection des cercles et des courbes de niveau.

Si, par exemple, on veut aboutir en *X*, il est évident qu'il faut choisir *a b c d' e' f'* et non pas *a b c d e f*.

Mais alors, on se trouve obligé de dessiner des rebroussements tels que celui de *c*, qu'on appelle souvent des lacets, ou, en termes de chantier, des « épingles à cheveux ».

Le tracé à peu près arrêté sur la carte, il faut le reporter sur le terrain et le vérifier au moyen d'appareils de nivellement.

Il va sans dire que la pente ne doit pas forcément être régulière et continue. L'essentiel est qu'elle ne dépasse pas la limite admise. Mais il sera bon de l'adoucir de temps en temps pour permettre aux attelages de souffler et aux moteurs de se refroidir.

Un autre élément caractéristique de la route, qui, du moins en pays de montagne, a une importance comparable à celle de la *pente limite*, est le *rayon de courbe limite*, c'est-à-dire le plus petit rayon de cercle dans lequel les véhicules automobiles peuvent tourner sans se livrer à une série d'avances et de reculs qui obstrueraient la route.

En plaine, où l'on n'est pas gêné, on descendra rarement au-dessous d'un rayon de 20 mètres, mais, en montagne, l'adoption d'un rayon de cette grandeur dans les « épingles » entraînerait souvent à des travaux de terrassements de rochers si importants quand on est sur un versant escarpé, qu'on est obligé d'adopter des rayons bien moindres. De fait, certaines routes de montagne, même parmi les plus importantes, ont des lacets de rayons de 8 à 10 mètres, et ces lacets, qui ne causaient pas une trop grande gêne à la circulation hippomobile, rendent la circulation des camions automobiles dangereuse et parfois tout à fait impossible.

La première donnée à connaître pour déterminer le mode de construction des lacets est le rayon minimum dit « de braquage » dans lequel tournent les camions. Ce rayon est de 8 mètres environ. Mais le passage dans une courbe d'aussi petit rayon correspond à des résistances supplémentaires qui résultent de l'obligation, pour le véhicule, d'échapper à l'action centrifuge et de différentes résistances corrélatives : frottement latéral des bandages sur le sol, diminution du rendement mécanique par suite de l'entrée en action du différentiel, etc..

Pour soulager l'effort du camion, la première chose à faire est de relever le virage, de manière que le poids même du véhicule combatte l'action centrifuge et que la stabilité latérale soit assurée, ce qui n'a pas lieu lorsque, sur une route bombée, le camion, prenant d'abord le côté extérieur, puis le côté intérieur de la courbe, de manière à augmenter le rayon de la trajectoire qu'il décrit, passe trop brusquement d'un versant à l'autre du bombement.

D'expériences faites par nous, il résulte que les déclivités transversales des virages relevés doivent atteindre jusqu'à 8 et 9 % pour des courbes dont le rayon sur l'axe serait de 9 mètres. Ces déclivités sont bien supérieures à celle de 5 % qui était conseillée avant la guerre par une circulaire du ministère des Travaux publics ; mais ce document ne semble pas avoir été fait pour des routes de montagne, et il ne convient que pour des rayons supérieurs à 20 mètres.

Il ne suffit pas de relever le virage, il faut encore adoucir la pente longitudinale dans les tournants, de manière à ne pas cumuler le maximum des efforts supplémentaires demandés aux véhicules, d'un côté par la déclivité, de l'autre, par la courbure.

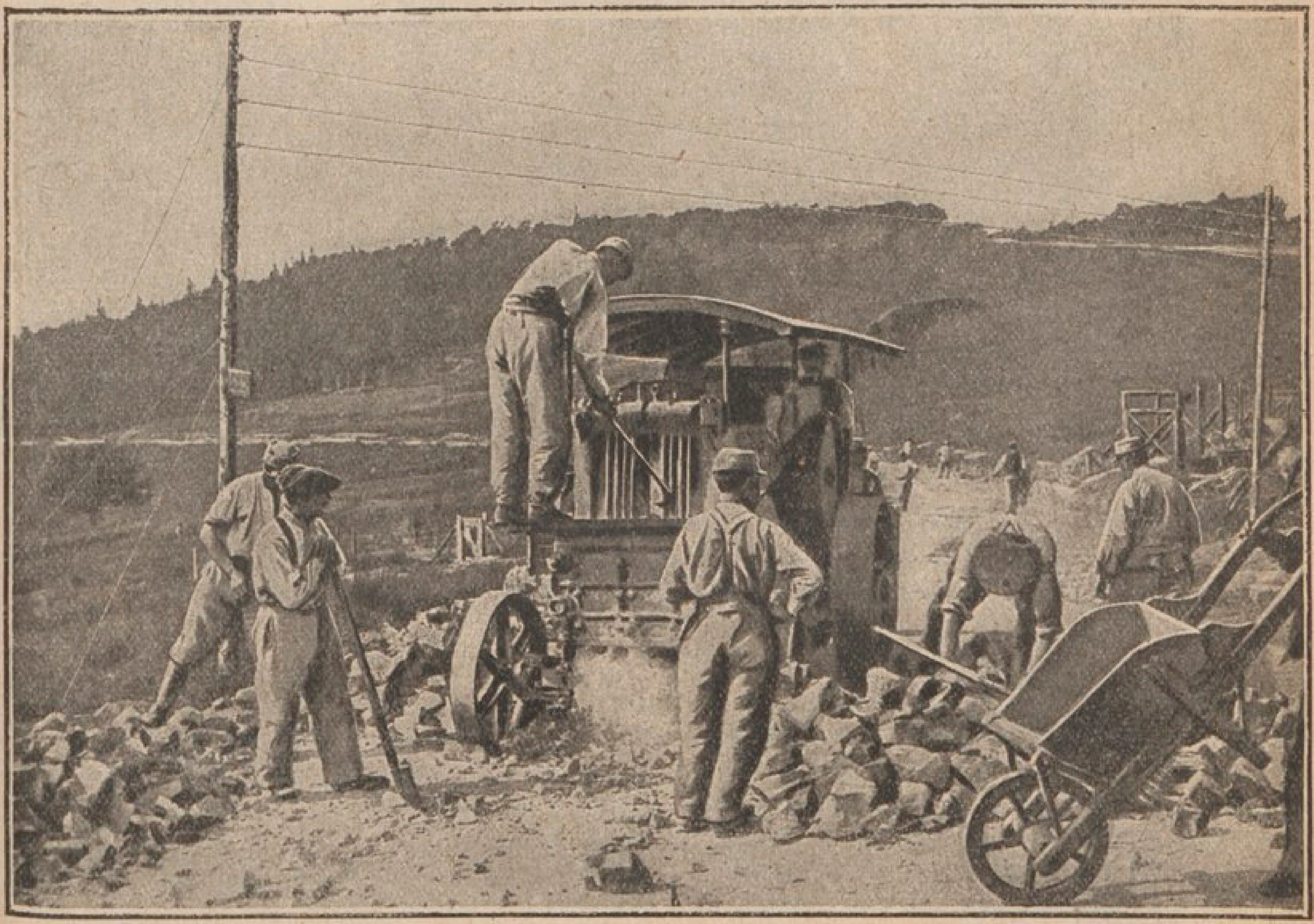
J'ai admis la règle suivante dans les constructions de routes en montagne : la pente. mesurée non pas sur l'axe, mais sur le bord de la chaussée situé du côté du centre, où elle se trouve accrue en raison de la nécessité de s'élever autant que sur l'axe, malgré un moindre développement, ne doit pas dépasser la pente limite. Il en résulte que, dans les virages, la pente sur l'axe sera bien inférieure à la pente limite. Par exemple, dans une courbe dont le rayon sur l'axe est de 10 mè-

tres et dont la chaussée a 5 mètres de large, la pente sur l'axe ne dépasse pas 0 m. 067. Cette pente est, d'ailleurs, à mon avis, un maximum, et il sera particulièrement prudent de se tenir plutôt au-dessous de 10 à 20 %. Dans l'exemple indiqué ci-dessus, on prendra de 0 m. 05 à 0 m. 06.

J'ajoute que, si c'est possible, il sera bon d'augmenter un peu la largeur dans le virage (la porter de 5 à 6 mètres par exemple), qu'il conviendra de passer progressivement du profil bombé au profil déversé, avant l'entrée en courbe, et que pour augmenter sensiblement la sécurité déjà obtenue à titre d'avantage supplémentaire par le relèvement du virage, on devra constituer, en bordure de la partie du tournant située du côté du vide, de très fortes banquettes.

Le profil en travers de la route comprend trois sortes d'éléments : la partie utile, qui est la chaussée, les fossés et les séparations entre la chaussée et les fossés.

La largeur de la chaussée dépend du genre de circulation qu'on a en vue : pour deux courants hippomobiles, il faut 4 m. 50 à 5 mètres ; pour deux courants automobiles, 6 mètres ; ces largeurs, si on tient compte de ce que les gabarits des plus larges camions ne dépassent pas 2 m. 30 (1), laissant des marges de près de 1 m. 50 pour faciliter les croisements. Ce n'est qu'exceptionnellement qu'on dépasse 6 mètres. Toutefois, si on veut assurer commodément et simultanément la double circulation hippomobile et automobile, il faut qu'en plus de cette largeur de 6 mètres, on ait une voie libre pour le dépassement, ce qui conduit donc à prendre 9 mètres. Encore cette solution est-elle mauvaise, et il est alors préférable de chercher à créer des routes différentes pour des véhicules d'ailleurs aussi différents que les camions et les hippomobiles, même au prix d'un supplément de travail qui ne dépassera pas d'ailleurs 15 à 20 %.



MACHINE A CASSER LES PIERRES POUR L'EMPIERREMENT DES ROUTES

Cette machine est actionnée par un moteur à essence. Pour ses déplacements, le mouvement imprimé au concasseur peut être transmis aux roues sur lesquelles elle est montée.

(1) Les véhicules automobiles lourds les plus gênants sont les voitures de ravitaillement en viande du type des autobus parisiens parce que l'encombrement des bandages sur le sol (2 m. 20) est presque égal à la largeur maximum de la caisse (2 m. 30).

Les camions ordinaires, pour la même largeur de caisse, n'ont qu'une voie de 1 m. 70 environ et par conséquent, dans un croisement difficile, la caisse débordera de 0 m. 30 sur l'accotement que longe la roue.

CANTONNIERS MALGACHES EMPLOYÉS A LA CONSTRUCTION D'UNE ROUTE

Pendant la guerre, ces indigènes de notre grande colonie de l'Océan indien ont fourni un travail précieux; ils ont été employés comme terrassiers, ouvriers ou maçons.

On a beaucoup discuté sur la possibilité de supprimer les fossés ; mais, sauf lorsqu'on se trouve en montagne, où il est à la fois possible et économique de remplacer le fossé, du côté de l'escarpement, par un caniveau bloqué ou, mieux, bétonné, que les voitures peuvent utiliser lors du croisement, j'estime que le fossé s'impose ; — sans fossé, le sous-sol de la route ne peut s'assécher convenablement et la chaussée ne sera jamais solide.

Mais alors, il importe de préserver les véhicules du danger que présente un fossé, et de limiter celui-ci par un obstacle qui, dans les routes d'autrefois, était toujours constitué par une « banquette » plantée d'arbres.

On avait, il est vrai, avant la guerre, une tendance très marquée à supprimer cette banquette, et sous la pression des sociétés de tourisme qui avaient surtout en vue la commodité des automobilistes, on les avait souvent arasées au niveau de la chaussée. L'élargissement ainsi obtenu n'est que fictif, puisqu'on ne saurait songer à empierrer sans frais excessifs l'emplacement de la banquette supprimée. Tant que la circulation automobile est faible et ne comporte pas de poids lourds, l'inconvénient est léger parce que le passage des automobiles sur le bord de la route est rare et que les sillons tracés par une voiture de tourisme sont peu profonds. Mais si les camions interviennent, leur passage transforme rapidement en cloaques boueux les côtés non empierrés, sur lesquels ils risquent de déraper pour se jeter dans le fossé, et au danger qu'on fait subir à la circulation, s'ajoute celui de voir la chaussée, qui n'est plus épaulée par un sol résistant, se rétrécir peu à peu par des ornières latérales plus ou moins profondes qui gagnent progressivement sa région centrale.

Bref, comme les conducteurs de camions empruntent toute la largeur qui leur paraît disponible, si étendue qu'elle soit, il faut limiter celle-ci nettement, et par des obstacles sérieux, infranchissables, à la partie qui est assez résistante pour ne faire courir aucun risque au véhicule imprudent.

Lorsque la largeur de la route le permet, on construit de chaque côté une banquette dont l'empattement ne doit pas descendre au-dessous d'un mètre. Elle ne constitue un obstacle sérieux par elle-même que si elle est assez haute pour offrir une grande masse devant laquelle recule le camion ; mais alors, on rétrécit virtuellement la largeur de la chaussée car le débord de la caisse du

CYLINDRAGE DU REVÊTEMENT D'UNE ROUTE NOUVELLEMENT CONSTRUITE

Cette opération s'effectue avec de l'eau et du sable terreux formant une sorte de mortier d'agrégation qu'aplanit ici un rouleau compresseur automobile.

camion sur les roues, qui peut atteindre jusqu'à 0 m. 30, empêche d'amener les roues jusqu'à la limite de la chaussée, et on perd de ce fait, pour un croisement, jusqu'à 0 m. 50, c'est-à-dire près d'un dixième de la largeur utile. En outre, on augmente la difficulté d'assèchement de la chaussée.

Aussi je préfère, comme plus économique de construction et comme plus agréable au point de vue de la circulation, des banquettes en terre ne dépassant pas 0 m. 30 de hauteur, mais défendues par des pierres de 0 m. 50 placées debout, de mètre en mètre, ou même plus rapprochées, et formant bute-roues. Ces pierres doivent être solidement encastrées dans le sol ; il est inutile de les faire dépasser de plus de 0 m. 15. Elles sont peu apparentes et, en quelque sorte, noyées le long du bord de l'accotement qui résiste à la route, malgré son apparence chétive.

Les bute-roues en pierre isolés peuvent être remplacés par une défense continue constituée par des rondins maintenus par des piquets enfoncés dans le sol. Cette dernière solution est la meilleure lorsque le manque de largeur ne permet pas de donner à la banquette au moins 0 m. 75 en tête ; mais alors, il faut des rondins d'au moins 0 m. 25 de diamètre, très solidement épaulés sur des piquets battus et réunis à ceux-ci par des « brélages » en fil de fer tordus et tendus au moyen de coins en bois chassés à force.

Je signale encore une protection employée par les Anglais et qui consiste à planter à la limite de la chaussée des poteaux en bois de 0 m. 25 de diamètre environ ayant 1 m. 50 de haut et espacés de 4 mètres.

Quant au profil de la chaussée, il est bombé avec une différence de niveau entre l'axe et les bords qui, pour des largeurs mesurant de 4 à 6 mètres, peut être considérée comme constante et égale à 0 m. 10.

Par conséquent, la chaussée est d'autant plus plate qu'elle est plus large.

On doit se défier de donner de trop forts bombements aux chemins. Au delà d'une certaine valeur (le quarantième de la largeur), les voitures sont si mal équilibrées lorsqu'elles tiennent leur droite, qu'elles n'empruntent plus que le milieu de la chaussée où elles ne tardent pas à creuser deux ornières, ce qui a pour effet, à la longue, de rendre la circulation sinon impossible, du moins très difficile.

L'usure des chaussées plates est bien moindre parce que plus uniforme que celle des chaussées par trop sensiblement bombées.

L'exécution des travaux

Les conditions, en quelque sorte extérieures de la route, celles qui resteront visibles après la construction, étant ainsi précisées, je passe le plus brièvement possible aux conditions intérieures, c'est-à-dire à l'exécution des travaux proprement dits.

La première phase consiste en travaux de déblais ou de remblais, qui s'exécutent soit dans la terre, soit dans le roc.

Ces terrassements peuvent être très peu de chose. C'est le cas en plaine ou lorsqu'on suit une chaussée ou une piste déjà tracée ; et ce cas, à la guerre, est le plus fréquent. Ils peuvent aussi constituer un travail considérable, comme dans le cas de la construction de la route, dont nous avons donné la photographie à vol d'oiseau à la page 551 et qui fut ouverte dans un pays de montagne, à travers des escarpements rocheux.

Dans le cas où la route se déploie à flanc de coteau, à moitié prise en déblai dans un talus, et à moitié sur le remblai rejeté du côté du vide, l'étude de la position de l'axe doit être particulièrement minutieuse ; souvent, un déplacement d'un mètre augmentera ou diminuera considérablement les travaux. De même, on sera souvent conduit à faire des murs de soutènement, soit du côté du déblai pour empêcher que la montagne ne s'éboule sur la route lorsque le terrain supérieur est peu stable, soit du côté du vide lorsque le versant qui domine la route étant rocheux, il est plus avantageux de gagner sur le vide en remplaçant le talus naturel incliné par le talus très raide d'un mur, même au prix de l'exécution de maçonnerie, plutôt que d'être obligé, pour entrer davantage dans le flanc de la montagne, de faire sauter à la mine une très grande quantité de roches.

Dans plusieurs points de la route de montagne représentée à la page 550, des murs de cette sorte ont dû être édifiés.

Si la construction d'une route en montagne nécessite des travaux de dérochage considérables, on a, comme contre-partie l'avantage fréquent d'avoir dans ce cas un excellent sous-sol. Encore ne faut-il pas s'exagérer cet avantage ; car si, dans une route à flanc de coteau, la partie correspondant au déblai est d'une assiette parfaite, comme la partie en remblai ne présente pas, de loin, la même stabilité, il y a une tendance évidente à la formation d'affaissements longitudinaux pouvant être dangereux.

En plaine, il n'en est pas de même. Quand on a enlevé la couche de terre végétale qui, percée de mille vacuoles par la végétation, est extrêmement compressible, et ne peut donner une assiette à la route, on trouvera une couche de terre qui n'offre de résistance appréciable que lorsqu'elle est très sèche. Plus le terrain est argileux, plus l'eau est susceptible de le transformer en une bouillie inconsistante. Qu'on recouvre le terrain ainsi détrempé de pierres pour constituer une chaussée, et quelle que soit l'épaisseur de la couche pierreuse, on constatera qu'au passage des véhicules, la pierre s'enfoncera rapidement dans la terre humide qui, en revanche, remontera à côté, entre les pierres.

Il est absolument nécessaire de combattre cet effet de l'eau. L'eau est le plus redoutable adversaire du constructeur, elle a raison de tout : rocher, métal, rien n'échappe à son action. Aussi, le premier soin est, dans une construction quelle qu'elle soit, de se mettre à l'abri de ce dangereux élément.

On y arrive facilement et très économiquement dans la construction des routes de la manière suivante : on creuse de chaque côté des fossés dont la profondeur, du point le plus bas au-dessous de la fondation de la chaussée future, ne doit pas être inférieure à une vingtaine de centimètres. Et on doit combattre une erreur qui, je ne sais pourquoi, est extrêmement difficile à extirper, et qui consiste à considérer le creusement des fossés à leur profondeur définitive comme un travail d'achèvement, alors que, au contraire, c'est un travail de préparation.

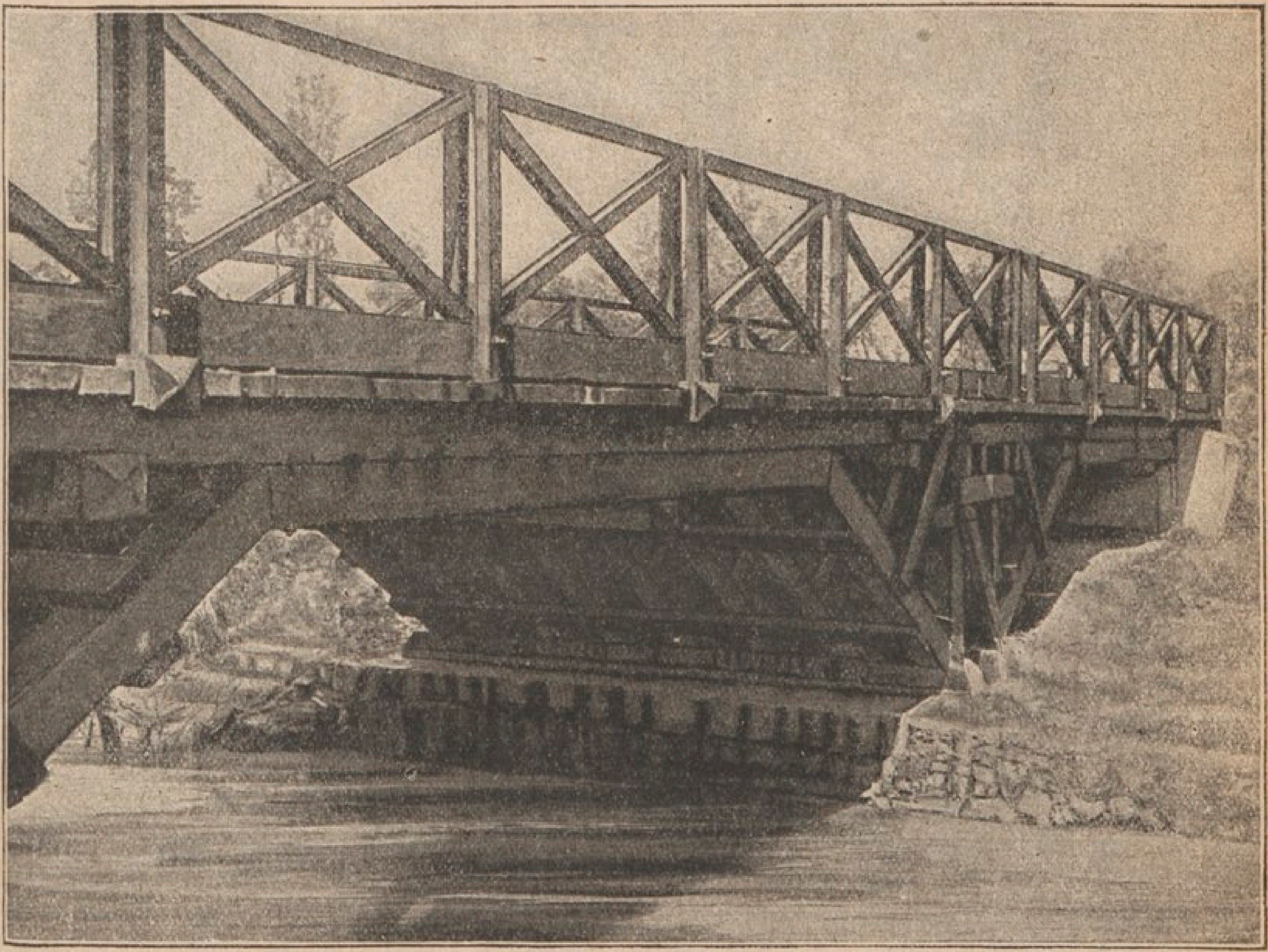
C'est seulement après que les fossés sont établis qu'on enlève la partie de terre végétale qui recouvre le niveau de la fondation et qu'on fait ainsi apparaître la « forme » en rejetant les terres du déblai de part et d'autre, pour constituer les banquettes déjà dessinées au moyen d'une partie des terres extraites des fossés. Il faut considérer que cette forme, qui apparaît sous un aspect de terre compacte et résistante à la pression, sera diluée en boue par la moindre pluie, et c'est pourquoi il convient de creuser de suite, transversalement à la route, des rigoles d'une vingtaine de centimètres de profondeur qui sont mises en relation avec les fossés dans lesquels l'eau superficielle aboutira, et qui constitueront des « drainages ». Ces drainages ne seront pas utiles que passagèrement, et il faut les maintenir pour l'avenir. Pour rétablir la continuité de la fondation, on peut les remplir de pierres en constituant ce qu'on appelle des « pierrées » ; mais ces pierres se colmatent facilement par la boue qu'apporte l'eau, et cessent rapidement de jouer leur rôle. Il vaut mieux les remplacer par des sortes de petits aqueducs, faits avec

de grosses pierres ou mieux, et plus simplement, par des conduits dont la section est constituée de deux files de briques de champ recouvertes par des briques trouées à plat.

Ces drainages, qui étaient employés systématiquement dans la ..^{me} armée, n'augmentaient les travaux que dans une infime proportion. Ils méritent, à mon avis, d'être généralisés dans la construction des routes. Si on veut avoir une idée de leur grande efficacité, au moins au début de la mise en service de la route, il suffit de faire arroser une route neuve dont la chaussée, terminée, parfaitement cylindrée, offre l'apparence d'être déjà à peu près imperméable ; on sera étonné de voir, en quelques minutes, sortir des drains dans les fossés une quantité d'eau très importante. Si on ne lui avait pas offert une issue, cette eau aurait détrempé le sous-sol, et son action destructrice se serait traduite, au bout de peu de temps, par des affaissements partiels de la chaussée extrêmement fâcheux ou, comme on dit, par des « flaches ».

Les drainages peuvent être longitudinaux et transversaux ; en général, le plus économique est de se contenter de drainages transversaux offrant le même profil en dos d'âne, mais plus prononcé, que la chaussée. Leur espacement varie de 20 mètres pour un bon sol à 4 ou 5 mètres pour un sol très mauvais, et, toutes choses égales d'ailleurs, ils seront plus rapprochés lorsque le profil en long de la route sera horizontal ou peu déclive.

Pour en finir avec les travaux préparatoires à l'exécution de la chaussée proprement dite, il faut citer tout ce qui a trait à l'écoulement des eaux. On parlera plus loin des ponts destinés à franchir les ravins et les cours d'eau. Ces travaux sont relativement rares, au lieu que les écoulements d'eau de ruissellement sont constants. Il s'agit, en général, de rétablir la continuité d'un fossé au droit d'un carrefour ou de faire passer l'eau souterrainement d'un côté à l'autre de la route, comme cela se présente constamment pour l'évacuation des infiltrations venant de l'escarpement, dans les routes à flanc de coteau. La solution la plus économique est toujours fournie par des buses en ciment. Le diamètre le plus courant à employer est celui de 0 m. 30 ; — tout à fait exceptionnellement, on atteint un mètre.



PONT EN CHARPENTE CONSTRUIT PAR LE GÉNIE POUR LE PASSAGE D'UNE ROUTE

La construction de la chaussée

Lorsque les terrassements d'ensemble ont été effectués, que les fossés ont été creusés et que la forme de la chaussée a été ouverte et asséchée par les drainages, il reste à constituer la dite chaussée en vue d'une circulation très active. Elle comprendra deux couches : une première, de fondation, composée de grosses pierres, et qu'on désigne sous le nom de « hérisson » ou de « blocage » ; la deuxième, de revêtement, composée de pierres cassées.

La construction de la chaussée est presque toujours dominée par la considération des transports, sauf dans le cas exceptionnel d'une route de montagne déroulant ses lacets à travers des escarpements rocheux.

Lorsqu'on entreprend de semblables travaux, ce sont rarement les bras qui manquent pour les exécuter. C'est plus fréquemment la pierre, et c'est plus souvent encore : les chevaux, les tombereaux, les camions et le matériel Decauville.

Puisque l'ouverture d'une route est principalement un problème de transports, il est du plus haut intérêt de réduire au strict minimum ces transports, c'est-à-dire les épaisseurs de deux couches.

Pour la fondation, la réduction n'est possible que si la perfection de l'exécution compense la diminution de la masse. Il résulte de l'expérience, et d'essais systématiques entrepris sur des tronçons de chaussées construites à dessein et soumis à de fortes circulations, qu'avec une exécution très soignée, on peut abaisser l'épaisseur de la fondation, jusqu'à 0 m. 15 dans les bons terrains, et à 0 m. 20 dans les terrains médiocres.

Contrairement à ce qu'on croit souvent l'expérience prouve surabondamment qu'il n'est nullement indispensable d'atteindre des épaisseurs de 0 m. 30 et plus.

Mais il faut que le blocage soit constitué au moyen de matériaux dont la taille varie de 0 m. 10 à 0 m. 30 posés à la main, de manière à constituer une masse *absolument pleine*, pareille à de la maçonnerie dans laquelle les vides entre les plus grosses pierres sont minutieusement comblés au moyen de pierres plus petites. C'est un véritable travail de maçon qui s'exécute rapidement et bien, si on a une proportion de maçons de 10 % environ de l'effectif des travailleurs affectés à cette opération.

Une telle fondation parfaitement pleine est suffisante. Elle est beaucoup plus solide qu'une couche de 0 m. 30 et plus, faite avec moins de soin, car le cube des vides et, par suite, le tassement ultérieur sous la circulation, des véhicules, s'accroît avec l'épaisseur.

Cette couche doit être cylindrée ; car en la recouvrant telle quelle de la couche de revêtement, on s'expose, lors du cylindrage de celle-ci, à voir des enfoncements se produire. Comme il faut, d'ailleurs, que la compression soit progressive, on cylindrera à sec avec un rouleau à chevaux d'un poids de 3.000 kilos environ donnant par centimètre de jante une pression de l'ordre de grandeur de 30 kilos.

La meilleure pierre de blocage est le calcaire non gélif. Mais on peut tout employer ; je me suis servi de schiste houiller, de grès rouge friable, et même de matériaux provenant de la démolition d'un grand viaduc en briques qui a servi ainsi à construire plus de 10 kilomètres de routes neuves.

Toutefois, lorsque le blocage est trop tendre et friable, il faut, avant cylindrage, le saupoudrer de quelques menus cailloux.

Le rouleau à chevaux agit comme révélateur de la bonne exécution du blocage. Si elle n'est pas parfaite, il se produira des affaissements locaux qu'on corrigera avant de répandre la couche de revêtement.

L'épaisseur de celle-ci a été, elle aussi, déterminée par l'expérience. Le minimum est de 0 m. 08 avec de la pierre dont la plus grande dimension n'excède pas 0 m. 08. Ici non plus, même alors que la route doit recevoir une circulation intense, il n'est pas nécessaire d'avoir de la pierre dure de premier choix. Plus tard, lorsqu'on rechargera la route, la dureté de la pierre sera une qualité à rechercher. Pour la construction, le mieux est de recourir a de bons matériaux calcaires, mais il ne faut pas tolérer ce qui s'effrite facilement, car cette couche devra être cylindée avec un engin de 8 à 10 tonnes (cylindre à essence ou à vapeur léger) donnant en moyenne une compression de 80 à 100 kilos par centimètre de jante qui est de l'ordre de grandeur de celle des camions ordinaires.

Ce cylindrage de revêtement doit être particulièrement bien soigné. Il s'effectue suivant les procédés connus, avec de l'eau et du sable terreux dont le mélange constituera une sorte de mortier d'agrégation.

Au total, on voit que l'épaisseur des matériaux est de 0 m. 23, réduite après cylindrage à 0 m. 20 environ. Le poids de pierre par kilomètre d'une route de 6 mètres de chaussée représente environ 2.000 tonnes ; si, contrairement à ce qui est préconisé, on atteint, comme on le fait souvent, des épaisseurs de 30 pour le blocage et de 15 pour le revêtement, c'est le poids formidable de 4.000 tonnes qu'il faut transpor-

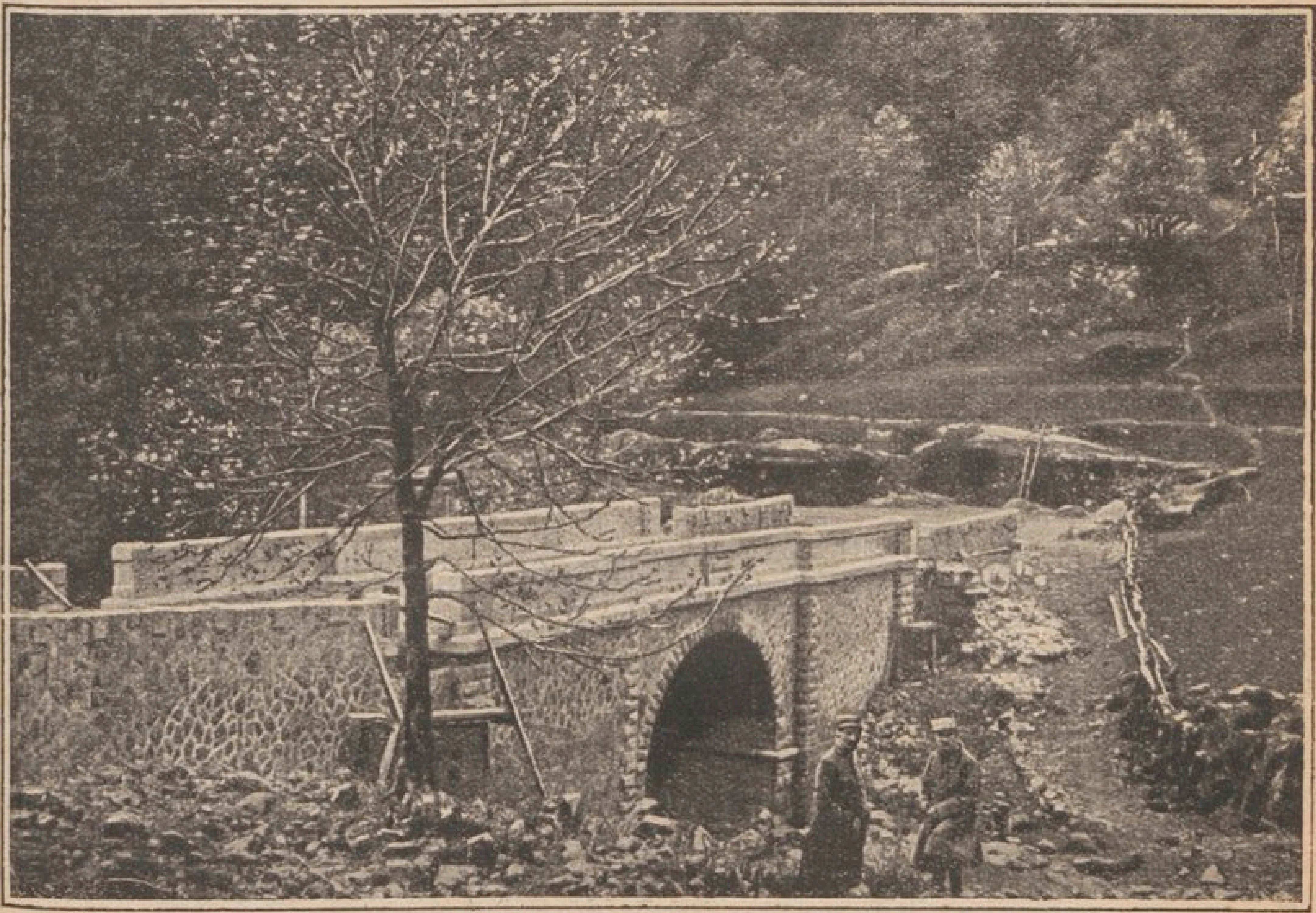
ter à pied d'œuvre pour chaque kilomètre.

A côté des travaux courants de la guerre, il y a des travaux exceptionnels qui résultent de certaines difficultés locales.

On a dit un mot plus haut des murs de soutènement qu'il faut parfois construire, mais les travaux les plus importants sont à peu près toujours ceux des ponts.

Il existe, pour le cas où on est pressé par la nécessité de rétablir des communications urgentes, des ponts métalliques démontables type Pigeaud dont on voit un exemple à la page suivante. La photo ci-dessus et celle qu'on a vue à la page 559 représentent des ouvrages construits par nous en 1917. L'un, qui est entièrement en bois, permet le passage d'une route de 5 mètres et d'une voie de 0 m. 60 sur laquelle doit pouvoir circuler l'artillerie la plus lourde (pièces pesant 34 tonnes). L'autre, qui est en maçonnerie, ressemble plus à un ouvrage du temps de paix, mais en réalité la maçonnerie offrait, dans le cas présent, la solution la plus rapide et la plus économique. Il s'agit, en effet, d'un ouvrage construit dans la partie médiane d'une route de montagne de 10 kilomètres de long qu'on attaquait par les deux bouts. Il était presque impossible de transporter à pied d'œuvre la grande quantité de bois ou de fers nécessaires avant que la route atteignît les emplacements des ponts. Mais, en revanche — circonstance heureuse — on avait à proximité immédiate la pierre qu'on devait abattre de toutes façons pour construire la route aux abords de la rivière, ainsi que le sable.

Le mode de construction des routes ci-dessus décrit est, en quelque sorte, le procédé classique, celui qu'on emploie lorsqu'on a la pierre en quantité suffisante. Il est naturellement remplacé par d'autres moyens quand cette condition n'est pas réalisée.



PONT EN MAÇONNERIE CONSTRUIT PAR LES SERVICES ROUTIERS DE L'ARMÉE

Ainsi, dans un cas où la pierre manquait, mais où on avait à sa disposition les produits de démolition d'un grand viaduc en briques, on a employé la solution suivante :

On triait dans les démolitions les briques les moins abîmées et on arrachait les trop grandes bavures de mortier. Sur la forme, on répandait trois centimètres d'épaisseur de menus déchets de briques pour former un lit sur lequel on plaçait, à la manière d'un pavage, les briques de champ par rangées parallèles. On recouvrait ensuite de deux ou trois centimètres de déchet de brique ou de sable pour combler les joints, et on jetait sur ce pavage du petit gravier que la circulation incrustait en quelque sorte dans la brique.

L'épaisseur totale de cette chaussée, qui s'est révélée extrêmement résistante, était inférieure à 0 m. 15. La construction nécessitait donc un minimum de transports.

Lorsqu'on manque de pierre, on peut essayer d'y suppléer totalement ou partiellement par divers moyens dont aucun n'est excellent

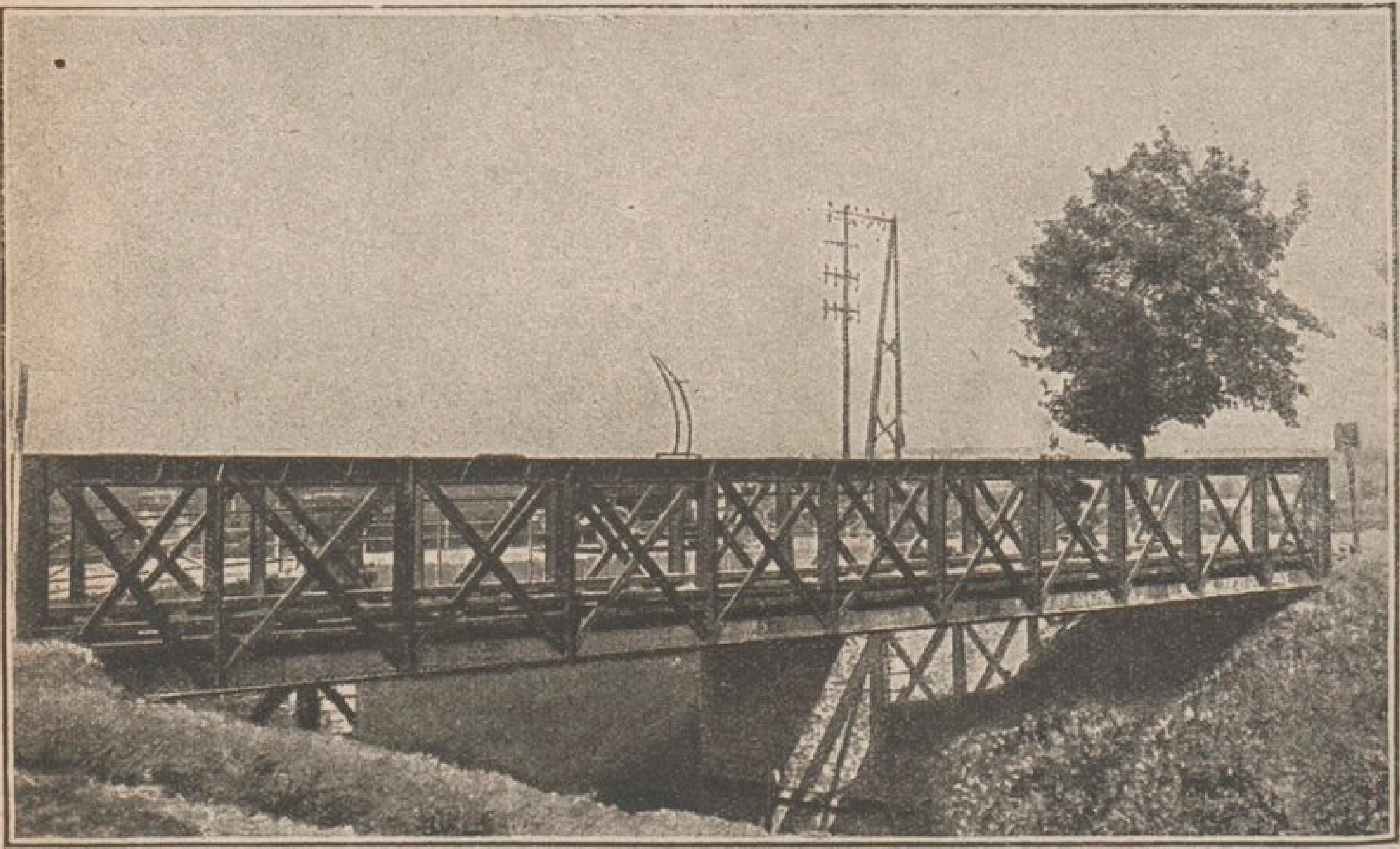
Un procédé qui a l'avantage de la rapidité et qui est indiqué dans le cas où l'on traverse un bois, consiste à poser sur le sol des clayonnages faits avec de menus branchages qui sont recouverts d'une mince épaisseur de pierres de 0 m. 08 à 0 m. 10, de préférence friables et liantes, calcaires, par exemple. Les clayonnages répartissent les charges et empêchent la pierre de descendre dans le sol.

Si on n'a pas de pierre du tout, on peut établir sur le sol une sorte de radeau constitué par des pièces longitudinales, d'une section de 0 m. 15 à 0 m. 20 environ, espacées de 0 m. 60, sur lesquelles on pose transversalement des rondins jointifs de mêmes dimensions. Pour solidariser le tout et pour servir de garde-roues, on met sur chaque bord des pièces longitudinales qu'on relie soigneusement à celles du dessous.

Cette solution, assez employée, est très médiocre. Elle n'est pas d'une exécution suffisamment rapide et consomme un tonnage de bois presque égal au tonnage de pierres nécessaires pour faire une bonne route.

Une autre solution, très coûteuse mais meilleure et rapide, consiste à remplacer dans la précédente, les bois en grumes par des bois équarris (en général des madriers de 23 × 8). On peut atteindre un rendement d'un mètre carré par homme et par heure.

A titre de renseignement moyen, au sujet de l'évaluation de la durée des travaux, je dirai que, pour une route établie à fleur de sol avec de très faibles terrassements, on peut compter que, avec des travailleurs militaires moyens, la constitution d'une route prend un nombre de journées de travail de neuf heures égal à celui des mètres carrés de la chaussée, en mettant complètement à part la fourniture de pierres.



PONT MÉTALLIQUE DÉMONTABLE SYSTÈME PIGEAUD, LANCÉ PAR LE GÉNIE

Pour tenir compte du temps nécessaire à l'extraction et au cassage de la pierre, il faut majorer le nombre des journées d'un tiers.

Je terminerai par les chiffres suivants qui peuvent donner une idée de l'importance prise par les services routiers des armées :

Dans la ..e armée, en 1917, il a été :

Elargi 92 kilomètres de routes ;

Construit 90 kilomètres de routes ;

Cylindré 260 kilomètres de routes ;

Produit et employé 600.000 t. de pierre.

L'effectif des travailleurs a atteint 9.000 hommes, celui des chevaux 1.100, celui des tombereaux et autres véhicules 600, celui des camions 72, celui des rouleaux à chevaux 27, à essence 25, à vapeur 18.

Commandant VERRIÈRE.

UN MOYEN CERTAIN DE DISTINGUER LE RUBIS NATUREL DU RUBIS ARTIFICIEL

Par Georges LÉCOT

L'ALUMINE cristallisée naturelle, qui est certainement le plus dur des minéraux, après le diamant, constitue les pierres précieuses dites *gemmes orientales*.

Colorée en rouge par un peu de chrome, elle donne le rubis, qui est la pierre la plus estimée et plus chère de toutes, quand elle atteint une certaine dimension.

C'est pourquoi on a cherché depuis longtemps, et réalisé avec plein succès, la synthèse du rubis dont les échantillons de petites dimensions ont une application industrielle des plus importantes pour l'implantation des pivots des montres de précision.

Les beaux rubis naturels sont fournis par un très petit nombre de gisements situés en Asie centrale, dans des alluvions de rivières.

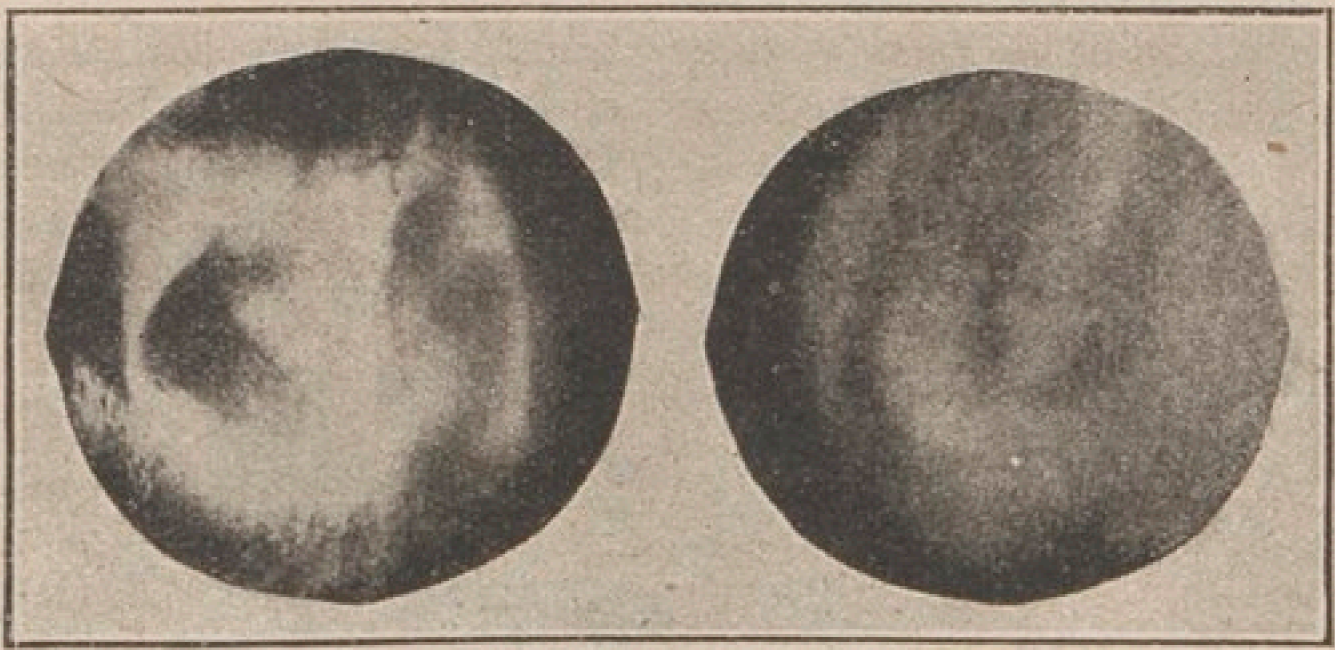
Les principales mines sont celles de *Mogok*, en Birmanie, qui produisaient environ 250.000 carats et où l'on a trouvé, en 1899, un rubis de 77 carats, évalué 660.000 francs à cette époque.

A Ceylan, les alluvions de *Ratnapura* (la ville des rubis) et de *Rawkana.* au sud-ouest de l'île, donnent de magnifiques rubis très prisés des amateurs.

Au Siam, la mine de *Navong* livre des pierres beaucoup moins estimées que celles des Indes, qui, seules, ont droit à la dénomination commerciale de rubis d'Orient.

Le vrai rubis est une pierre dure et transparente, d'une belle couleur rouge sang de pigeon ou sang de bœuf. Les variétés roses sont moins appréciées que les rubis franchement rouges et celles qui ont des reflets azurés, ou rubis balais, ont peu de valeur, de même que les spinelles, parce que, dans ces deux cas, la composition chimique est différente; il ne s'agit plus ici d'alumine pure colorée par du chrome.

Les joailliers ont donc un grand intérêt à pouvoir distinguer facilement des véritables rubis d'Orient, qui ont toujours une très grande valeur, les gemmes provenant du Siam et les pierres artificielles dites reconstituées ou fabriquées par synthèse.



MACLES EXISTANT DANS LES RUBIS NATURELS

En obtenant sur un écran des projections montrant la structure intime des rubis naturels, on constate l'existence dans ces pierres de lignes qui s'entrecroisent en formant des figures géométriques auxquelles les minéralogistes ont donné le nom de macles.

La nuance des Siam est souvent sombre et se rapproche du grenat, mais cette remarque comporte des exceptions et ne saurait être prise comme base d'une expertise.

D'après M. G. Chaumet — un spécialiste bien connu par ses études délicates — on peut distinguer d'une manière certaine une gemme orientale d'un Siam en se fondant sur les différences de fluorescence et de phosphorescence des pierres naturelles et artificielles, qui ont également des densités et des indices de réfraction très caractéristiques.

INCLUSIONS CRISTALLINES A L'INTÉRIEUR DE RUBIS NATURELS

Il existe dans les rubis naturels des inclusions dont la forme particulière caractérise ces pierres, car elles sont variées et cristallines, ce qui n'est pas le cas dans les rubis artificiels. (Voir les figures ci-dessous.)

En effet, exposés aux rayons violets d'une lampe à arc, les rubis d'Orient prennent immédiatement la couleur d'un charbon porté au rouge vif, tandis que ceux de Siam revêtent une teinte sombre, presque noire.

Ce résultat est concluant, car en projetant des rayons violets sur des pierres des deux provenances, on voit qu'elles deviennent diversement fluorescentes suivant que les rayons sont projetés sur du rubis de Siam ou sur des rubis d'Orient. Ces derniers ont une limite minimum de fluorescence supérieure à la limite maximum des gemmes très peu fluorescentes du Siam. On peut constater le même fait en soumettant les pierres, enfermées dans des tubes d'essai, aux rayons violets de la lampe à arc.

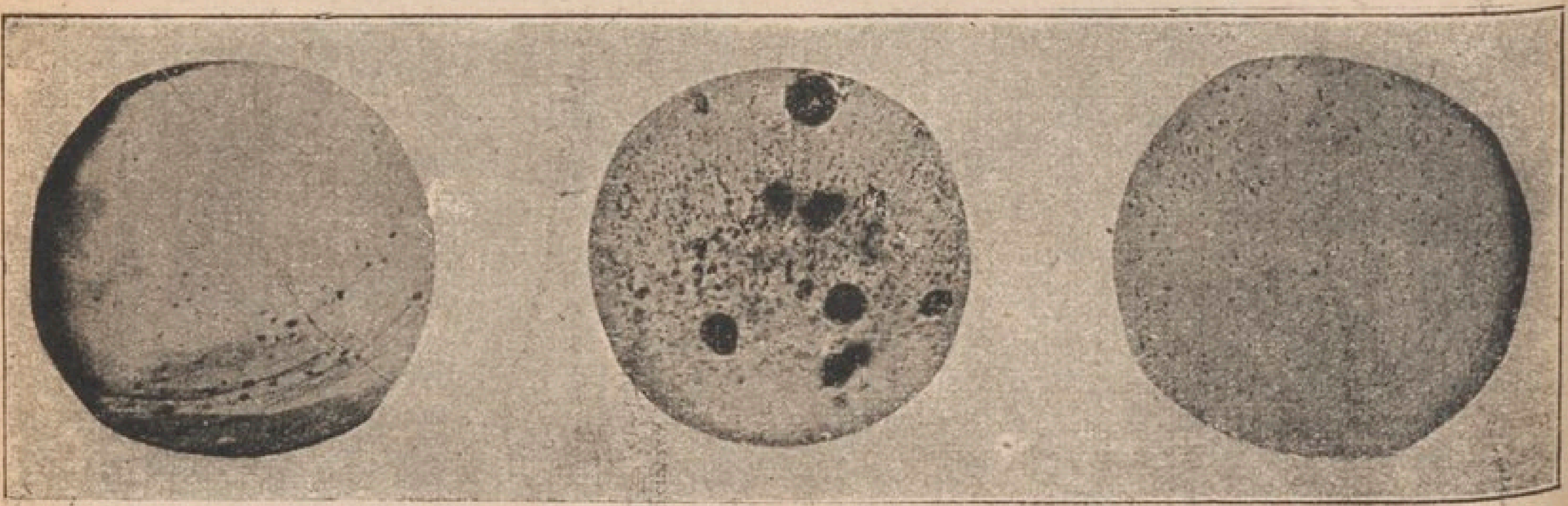
Pour constater la différence de phosphorescence, on place l'un à côté de l'autre, dans un phosphoroscope, un rubis d'Orient et une pierre de Siam montés sur une tige métallique. La dernière reste invisible alors que la gemme d'Orient paraît très lumineuse.

Les indications fournies par les indices de réfraction sont extrêmement difficiles à recueillir et à utiliser parce qu'elles exigent la taille des pierres en prismes, ce qui est naturellement irréalisable dans la pratique.

On peut, au contraire, mettre en lumière assez facilement la densité très forte des rubis de Siam, qui dépasse très nettement 4,20, tandis que le maximum trouvé pour les rubis d'Orient est toujours inférieur à 4,08.

Notons, en passant, que la densité des pierres fabriquées est toujours très notablement inférieure aux chiffres précédents. La densité des produits synthétiques varie de 3,60 à 3,80 et celle des rubis reconstitués, de 3,70 à 3,76. On a donc là un moyen de se former facilement une opinion sur la valeur réelle d'une pierre dont l'achat est proposé.

On conçoit aisément que l'apparition des rubis artificiels ait jeté une certaine perturbation dans les transactions commerciales, la substitution d'une pierre artificielle à un rubis naturel constituant une attribution de valeur fausse et une tromperie évidente sur la nature de la marchandise.



COUCHES ET INCLUSIONS SPHÉRIQUES CARACTÉRISANT LES RUBIS RECONSTITUÉS (A GAUCHE ET AU CENTRE) ET LES RUBIS SYNTHÉTIQUES (A DROITE)

Dans les rubis reconstitués on aperçoit des ondes circulaires, souvent visibles à l'œil nu, ou des inclusions sphériques plus nombreuses et plus volumineuses que dans les rubis synthétiques.

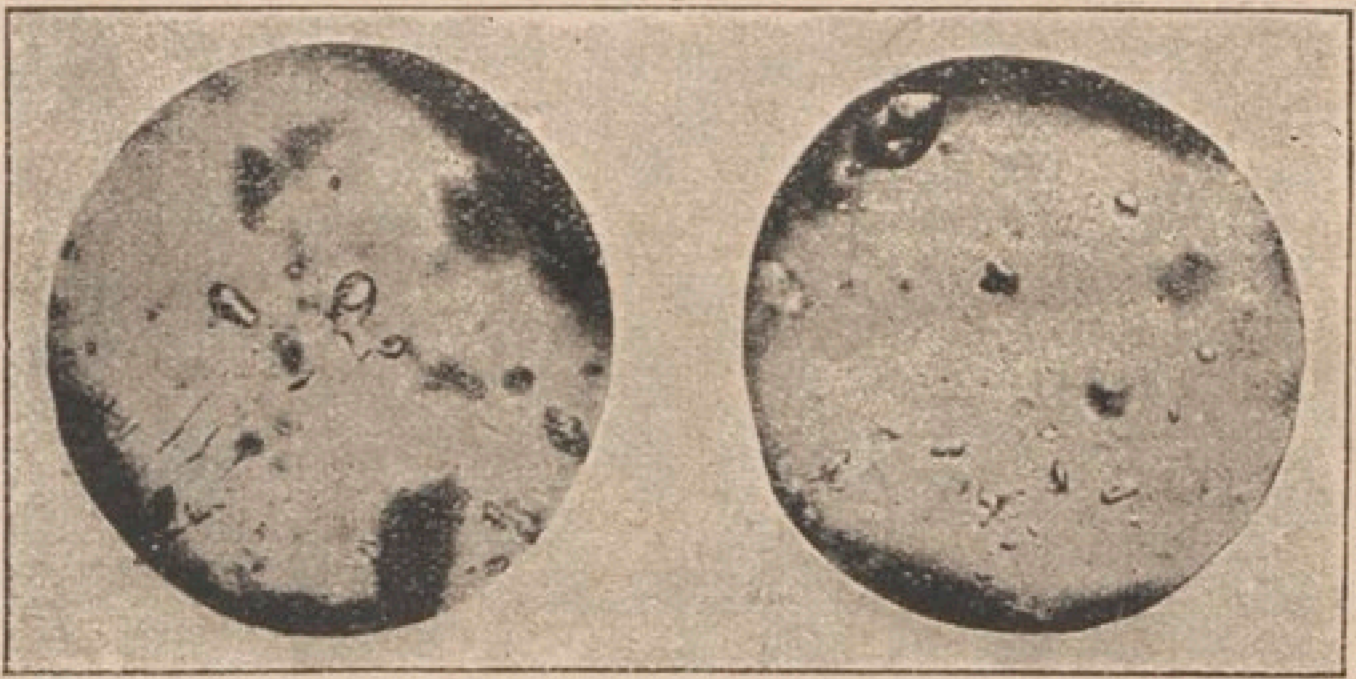
Il est donc très important de disposer de signes certains pour établir des distinctions irréfutables entre les produits artificiels et les gemmes naturelles extraites des mines orientales pour authentifier ces dernières.

On obtient ces éléments en examinant les pierres au microscope et en projetant sur un écran les images obtenues qui décèlent exactement la structure intime des rubis soumis à l'étude.

On voit ainsi qu'il existe dans les rubis naturels des lignes qui, en s'entrecroisant, donnent lieu à la formation de figures géométriques se rapprochant des losanges et que les minéralogistes appellent des « macles » (du latin *macula*).

Au contraire, on ne trouve jamais de macles dans les pierres artificielles.

Poursuivant ce genre d'études au microscope, on verra que les rubis d'Orient ou de Siam renferment des inclusions qui sont très variées et cristallines, alors que, dans les pierres fabriquées, on les trouve ayant toutes la même forme sphérique et très opaques. On peut aussi s'apercevoir par cette méthode qu'il existe dans certains rubis artificiels des lignes circulaires, souvent visibles même à l'œil nu, et comparables aux ondes que l'on obtient en faisant tourner rapidement un vase rempli d'un liquide.



TROIS PHOTOGRAPHIES D'INCLUSIONS CONTENUES DANS UN RUBIS NATUREL PROVENANT DE LA BIRMANIE

Ces photographies accompagnaient celle d'une bague formée d'un rubis entouré de diamants taillés en roses; le tout était joint à un certificat attestant l'authenticité de ce rubis naturel de Birmanie.

Il faut, au cours de ces observations, éviter l'erreur qui consisterait à prendre une tache ou un dessin géométrique qui existerait à l'extérieur du rubis pour une inclusion interne. En effet, la taille peut produire à l'extérieur des pierres des empreintes qui n'intéressent nullement leur structure. Un observateur habitué à l'emploi du microscope ne sera pas exposé à ces confusions, et il remarquera que les inclusions sphériques sont plus volumineuses et plus nombreuses dans les rubis reconstitués que dans ceux que l'on pourra obtenir par synthèse.

Les figures qui illustrent cet article rendent parfaitement compte de tous les phénomènes divers dont nous venons de parler.

On ne peut s'empêcher de penser, en rendant compte de ces difficultés, qu'il serait facile d'éviter toute erreur en instituant des laboratoires d'examen des pierres précieuses qualifiés à cet effet, qui rempliraient en cette occurrence le rôle que jouent depuis longtemps les conditions des soies et autres institutions officielles chargées de fixer les acheteurs sur l'authenticité et sur la valeur d'une marchandise. La probité légendaire de nos grands joailliers français, qui fournissent au monde entier des bijoux réputés, ne devrait souffrir aucun ombrage d'une pareille organisation qui les mettrait, au contraire, à l'abri de toute surprise de la part de fournisseurs ou de vendeurs occasionnels qui peuvent eux-mêmes être de bonne foi en présentant des pierres n'ayant réellement pas l'origine qu'ils croient pouvoir annoncer.

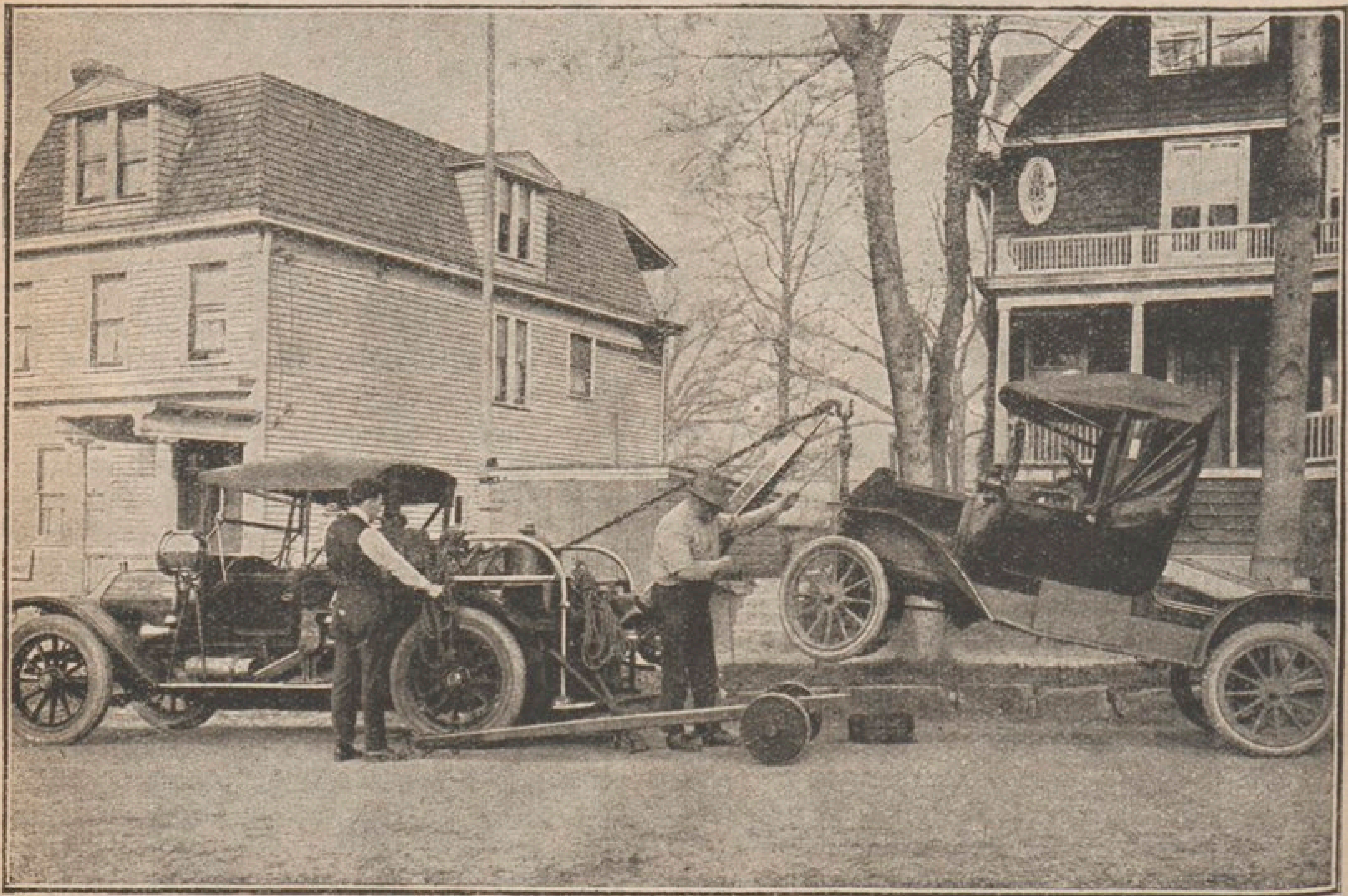
On ne saurait s'entourer, en effet, de trop de précautions pour déjouer toute tentative ayant pour objet de ne pas attribuer à un objet sa véritable valeur en contestant son origine, soit afin de le sous-estimer, soit au contraire en vue de lui faire atteindre un prix exagéré que ne justifient nullement ni son origine, ni sa perfection.

La production des mines de Mogok (Burma) a été, en 1915, de 168.000 carats de rubis qui ont été vendus environ 910.000 francs à l'état brut. On voit que l'extraction porte sur des chiffres très faibles, ce qui justifie pleinement les précautions dont nous parlions plus haut en vue de protéger les particuliers contre toute tentative de tromperie sur la véritable valeur des gemmes qui leur sont offertes en dehors des marchés officiels.

GEORGES LÉCOT

UNE VOITURE DE SAUVETAGE POUR LES AUTOMOBILES EN PANNE

Nous connaissions depuis longtemps le navire de sauvetage qui, aux bâtiments en détresse, échoués ou en mer, apporte le secours de ses apparaux de remorque, de ses pompes d'épuisement, etc... Nous ne connaissions cependant pas encore la voiture automobile spécialement équipée pour tirer d'embarras les véhicules également locomoteurs qu'une panne ou un accident malencontreux a immobilisés sur la route, dans un fossé, unemare, etc... Or, elle existe, cette voiture, et, bien entendu, elle a vu le jour aux Etats-Unis, pays de l'automobile par excellence, le pays où, aussi, l'espacement inusité des villes rend plus aléatoires les chances pour un automobiliste de trouver une aide prompte en cas de panne ou d'accident. Cette voiture comporte, à l'arrière, un treuil d'une force de deux tonnes qui, complété par un bras de levage, plusieurs crics, des cordes solides, des poulies, etc., permet de ramener sur la terre ferme l'automobile la plus embourbée, ou de la hisser hors d'une profonde excavation, du lit d'une rivière ou d'un ruisseau, etc. ; un atelier et les pièces nécessaires aux réparations de fortune, y compris un matériel complet de soudure autogène et une petite forge ; un truck à deux roues pour transporter les voitures qui ne peuvent plus rouler ; des lanternes blanches et rouges pour marquer, la nuit, le lieu des accidents (des drapeaux rouges servent au même but le jour) ; elle porte encore deux puissants projecteurs à acétylène pour permettre le travail nocturne. De forts crics sont employés pour soulever le véhicule à l'arrière et le caler mieux que ne le permettraient les freins quand il est nécessaire de lui donner plus d'assise, comme, par exemple, lorsque le treuil est appelé à fonctionner. On conçoit, en effet, que, dans ce cas, la voiture de sauvetage est soumise à des réactions violentes qui compromettraient le succès des opérations entreprises si rien ne venait y parer ; ces réactions auraient, par ailleurs, le plus déplorable effet sur les pneumatiques arrière ; au contraire, si la voiture est soulevée, ses pneumatiques ne fatiguent pas.



UNE AUTOMOBILE AVARIÉE EST SOULEVÉE PAR LE TREUIL DE LA VOITURE DE SAUVETAGE AFIN D'ÊTRE PLACÉE SUR LE TRUCK QUI PERMETTRA DE LA REMORQUER JUSQU'A L'ATELIER

LES A-COTÉS DE LA SCIENCE

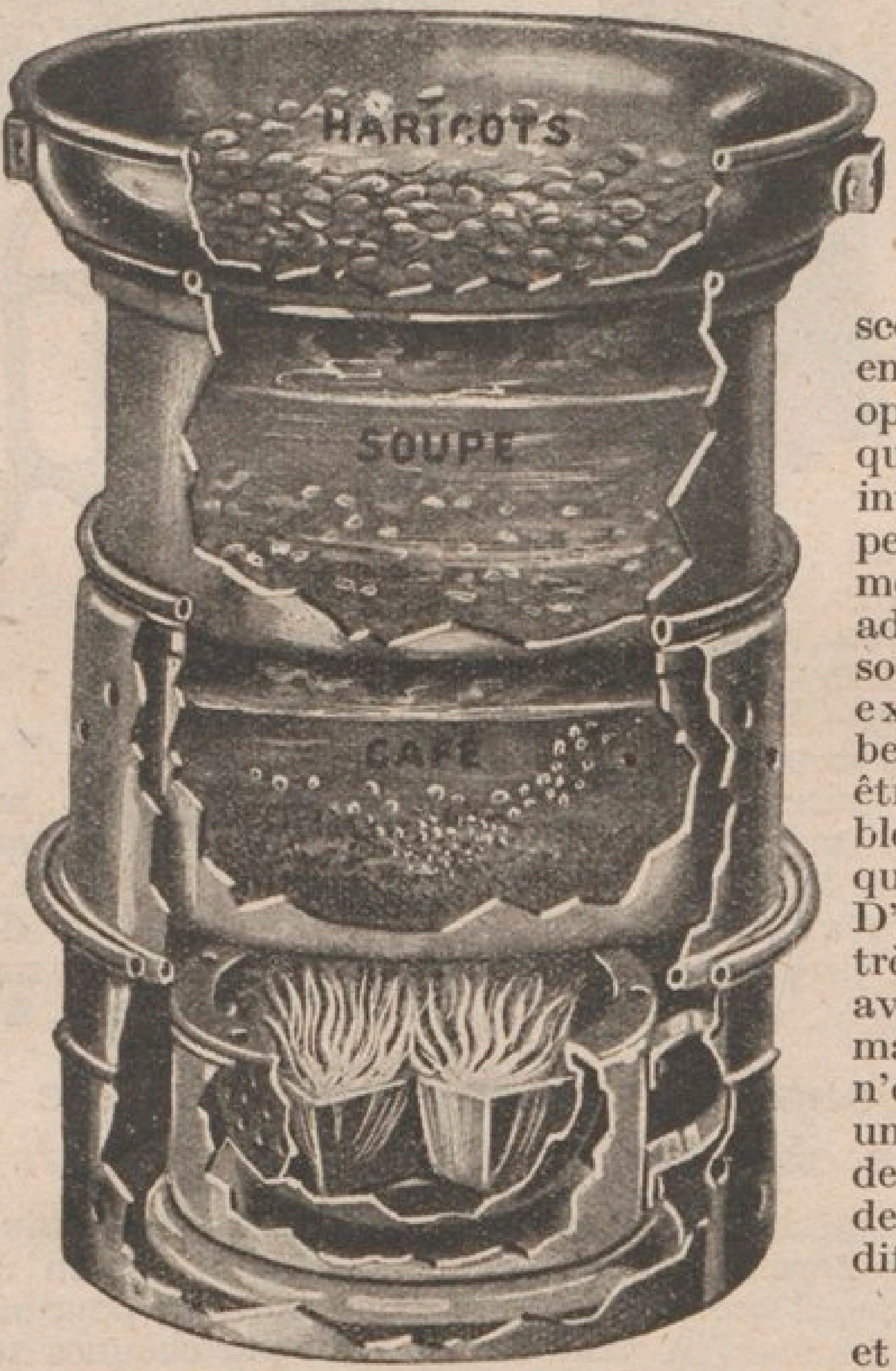
INVENTIONS, DÉCOUVERTES ET CURIOSITÉS

Par V. RUBOR

Un réchaud et une batterie de cuisine en un seul appareil

Voici pour les amateurs de camping — et ils vont être légions, car tout vrai poilu a dû garder un faible pour la vie au grand air — un ingénieux appareil qui combine à la fois un réchaud, deux casseroles ou bouilleurs, une poêle à frire, une passoire, une timbale-mesure et une louche-cuiller. En outre, la poêle inversée sert de couvercle à l'une ou l'autre des deux casseroles.

Entièrement en aluminium, ces différents éléments sont essentiellement légers, et comme ils peuvent s'encastrer les uns dans les autres, l'appareil, démonté, a un très faible encombrement. Une courroie assujettit le tout et permet de porter l'appareil à dos. Le combustible employé consiste en cubes d'une mixture alcoolisée solidifiée. Il se distingue de beaucoup d'autres produits analogues en ce qu'il est réellement solide et ne fond pas quand il flambe. Il brûle également sans odeur, sans fumée et sans laisser de résidus.



CE POÊLE DE CAMPEMENT ÉGALE LA PLUS PARFAITE CUISINIÈRE

Timbres collés et comptés ; enveloppes cachetées automatiquement

On peut dire que, du jour où la machine à écrire est devenue d'usage courant et général, les transactions commerciales par correspondance ont augmenté d'année en année jusqu'à atteindre des proportions énormes et nécessiter, pour diminuer le coût de cette correspondance, en même temps que pour économiser le temps dépensé à l'exécuter — même à la machine, d'autres instruments et d'autres méthodes également mécaniques.

C'est ainsi que nous avons vu apparaître les appareils duplicateurs, qui permettent de reproduire rapidement de grandes quantités de lettres circulaires ; des machines à plier les lettres, à approvisionner automatiquement la machine à écrire d'enveloppes, à reproduire les adresses, etc... Plus récemment est apparue sur le marché américain une machine, actionnée par l'électricité, qui scelle et timbre automatiquement les enveloppes. Nous allons la décrire sommairement.

Jusqu'à présent, sceller et timbrer les enveloppes étaient des opérations peu hygiéniques... quand on y faisait intervenir la salive, et peu commodes autrement. Dans les grandes administrations et maisons de commerce, elles exigeaient, en outre, beaucoup de temps pour être effectuées convenablement et, par conséquent, revenaient cher. D'un autre côté, il était très difficile de contrôler avec précision la consommation des timbres et il n'est pour ainsi dire pas un patron qui, à ce point de vue, n'ait eu à déplorer des « fuites » importantes, difficile à étancher.

La machine à cacheter et timbrer peut, elle, s'acquitter de ces opérations à raison de deux cent cinquante enveloppes à la minute et de cinquante centimes le mille (y compris la taxe de trente centimes par mille imposée par le gouvernement américain sur la vente des timbres en rouleaux) ; ce n'est pas cher.

On approvisionne la machine d'un rouleau de mille timbres *placé à l'intérieur et sous clef*. Chaque timbre apposé sur une

enveloppe est automatiquement enregistré par un compteur. L'employé est donc soustrait à la tentation de s'approvisionner de timbres par l'impossibilité matérielle d'en prélever sur le rouleau de l'appareil.

Le fonctionnement de la machine, au demeurant très silencieux, est très simple. Les enveloppes sont introduites dans un magasin; une légère pression les pousse une par une sous un premier rouleau qui, par l'intermédiaire d'autres rouleaux, les fait traverser la machine. En passant, chaque enveloppe actionne elle-même le mécanisme de timbrage, lequel fait tourner le rouleau de timbres d'une quantité juste suffisant pour qu'un seul de ces derniers puisse (toujours au même endroit, d'ailleurs) se présenter au-dessus de l'enveloppe. Le timbre est alors coupé, puis humecté sur un rouleau métallique maintenu mouillé lui-même par une petite pompe rotative. En même temps, le bord de l'enveloppe à coller est automatiquement présenté contre la surface d'un disque métallique animé d'un mouvement de rotation et plongeant par sa partie inférieure dans un réservoir d'eau. Un système de rouleaux colle alors le timbre et le bord de l'enveloppe. L'opération s'effectue rapidement, proprement et bien. Elle est aussi, répétons-le, économique.

LA MACHINE QUI PRÉPARE L'EXPÉDITION DE VOTRE COURRIER

Et nous nous couperons nous-mêmes les cheveux

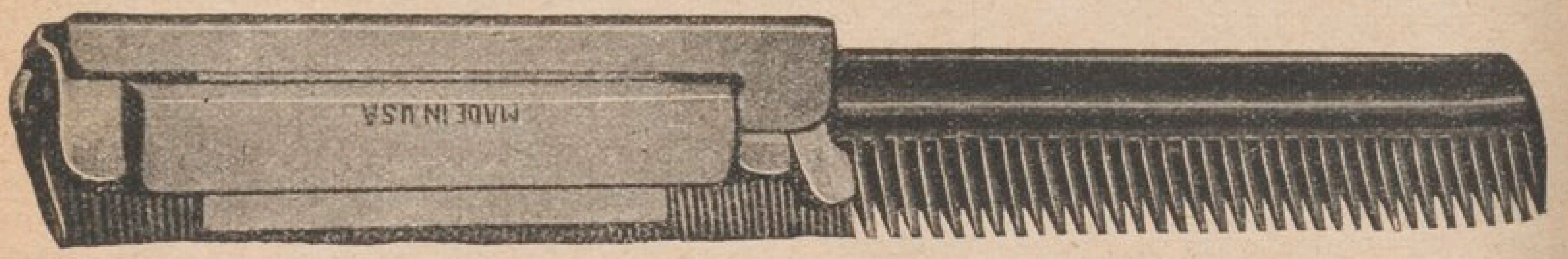
Il appartenait aux Américains, inventeurs de tant de petits appareils ingénieux, de produire un instrument qui permit de se couper les cheveux soi-même. A vrai dire, la chose avait déjà été tentée plusieurs fois, mais avec un succès médiocre. Nous sommes aujourd'hui en présence d'un instrument qui semble résoudre le problème d'une façon plus satisfaisante et beaucoup plus pratique.

Comme le montre notre photographie, l'appareil en question est la combinaison d'un peigne ordinaire et du rasoir de sûreté ; il consiste essentiellement en un petit chariot pouvant se déplacer dans le sens de la longueur du peigne et portant de chaque côté de celui-ci une lame fine, en acier, légèrement en retrait sur les dents. On peut, en faisant glisser le chariot, amener la lame au regard de telle portion du peigne que l'on désire utiliser (dents serrées ou espacées) et qui convient le mieux à la chevelure de l'opérateur. Passons au fonctionnement.

Pour se couper les cheveux, on commence d'abord par les peigner, et, pour cela, il suffit de tenir l'instrument droit, ce qui empêche les lames de couper, ou bien encore on n'utilise que la portion libre du peigne ; ensuite, on incline ce dernier sur la tête aux endroits où l'on désire voir s'exercer l'action de la lame, et cela d'autant plus fortement que l'on veut couper davantage. L'action sur le cheveu est graduelle et régulière, à condition de procéder lentement et avec le minimum de reprises ; ainsi on ne risquera pas de produire des « échelles ». Avec un peu d'habitude, on réussit très bien l'opération, mais ici, comme en tout ce qui est nouveau, il faut « se faire la main ».

Une banque roulante pour les soldats américains

Il n'est pour ainsi dire pas un Américain qui n'ait un compte ouvert dans une banque, pour la simple raison qu'on paye tout par chèques aux Etats-Unis, y compris ses dépenses ménagères. Les ouvriers et employés américains reçoivent un chèque



CE PEIGNE PERMETTRA DE RAFRAICHIR VOS CHEVEUX LE MATIN, EN LES PEIGNANT

pour leur salaire ; ce chèque, ils le portent à la banque, laquelle en crédite leur compte; ainsi les mouvements de numéraire sont extrêmement restreints. Or, au front, point de banque. Officiers et soldats américains se voyaient donc contraints de *déléguer* à leur famille, par la voie militaire ou celle encore plus compliquée de la poste française ; mêmes difficultés et lenteurs pour recevoir et encaisser les mandats familiaux. Un chèque eût été pourtant si commode dans les deux cas.

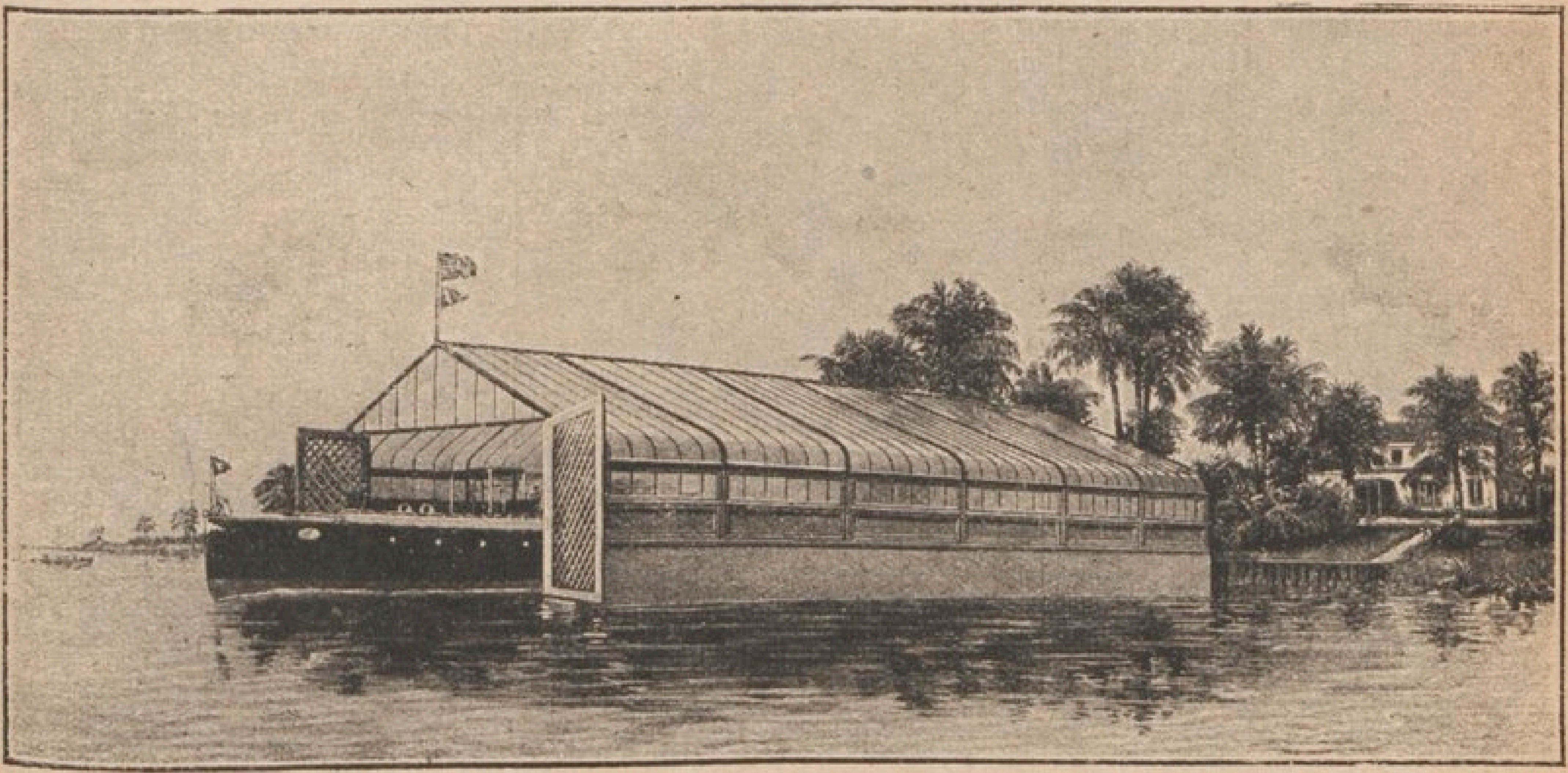
OFFICIERS ET SOLDATS AMÉRICAINS EFFECTUENT AUX GUICHETS DE CETTE VOITURE TOUTES LEURS OPÉRATIONS DE BANQUE SANS AVOIR A SE DÉRANGER

Que cette absence d'un organisme, devenu pour ainsi dire partie intégrale de la vie américaine, fût signalée à une certaine banque de New-York ayant chez nous une importante agence, ou qu'elle sau ât aux yeux d'un directeur avisé, voilà ce que nous ignorons ; mais ce que de nombreux soldats ont pu voir circuler depuis plusieurs mois en arrière des lignes américaines, c'est une succursale roulante de la banque en question. Comme le montre notre photographie, cette voiture est faite d'une caisse, en chêne, renforcée par de la tôle d'acier, montée sur un châssis automobile et pourvue à l'arrière de deux guichets et d'un comptoir. Un coffre-fort est placé à l'intérieur et solidement assujetti au châssis de la voiture. Comme précaution supplémentaire, le comptoir a été installé de manière à arriver à la hauteur de l'épaule d'un homme de taille moyenne, de sorte que le client ne pourrait que difficilement l'escalader ou même voir ce qui se passe derrière...

Une serre pour yacht de plaisance

Un riche hivernant de la Floride a voulu pour son yacht un garage peu banal ; il l'a désiré surtout commode et clair. Comme il possédait une propriété confinant à l'Océan, il n'eut, pour réaliser le premier de ses desiderata, qu'à faire construire ledit garage sur l'eau, permettant ainsi à son yacht d'entrer ou de sortir comme dans un bassin. Pour ce qui est de la clarté, son architecte s'inspira de la construction des serres.

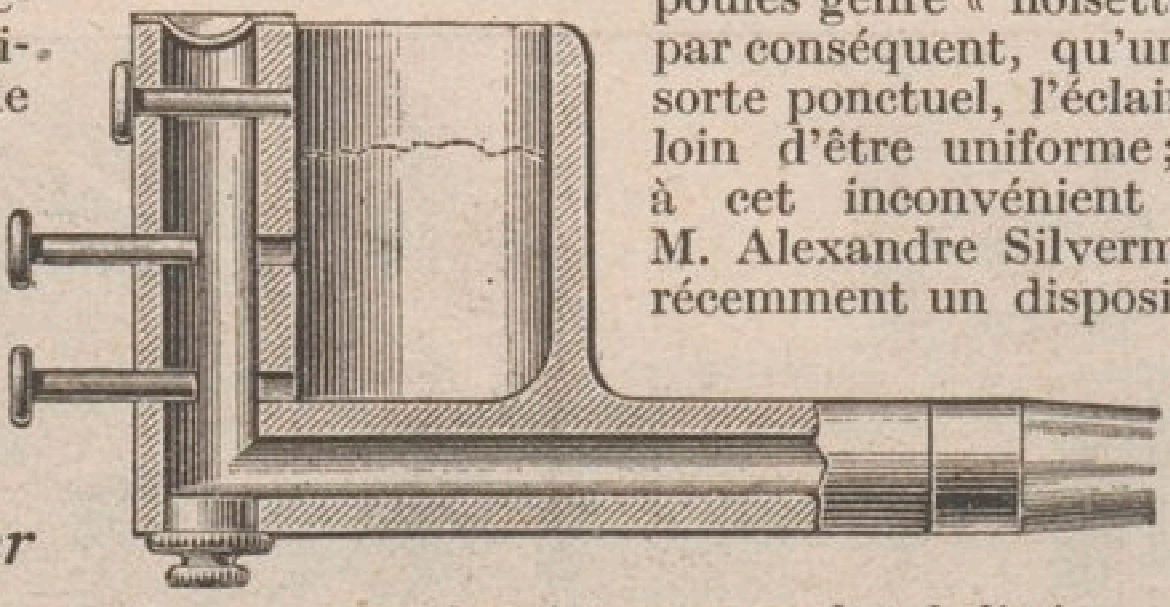
La charpente de la superstructure s'élève sur des fondations en béton hydraulique



LA SUPERSTRUCTURE DE CET ÉLÉGANT GARAGE NAUTIQUE EST ENTIÈREMENT VITRÉE

et est en fonte et acier fortement galvanisés. Le verre est dépoli, de manière à diffuser la lumière solaire, si ardente en Floride. Les lignes générales de la construction sont simples mais esthétiques. Un semblable garage permet de nettoyer et réparer le navire sans avoir à recourir à l'éclairage artificiel et offre, en cas de mauvais temps, un agréable abri que l'on peut aisément maintenir propre.

Faut-il apprendre à jouer du piston pour fumer la pipe ?



La manœuvre des pistons a pour but de limiter à tout moment la couche de tabac frais que doit traverser l'air aspiré par le fumeur.

Nous relevons, dans les brevets américains récents, la description d'une pipe pour le moins originale. Comme le montre notre dessin, le tuyau de cette pipe, au lieu de déboucher directement dans le fond, sous le tabac, communique avec un canal parallèle à la chambre. Ce canal, pourvu à sa base d'un bouchon de nettoyage, est percé lui-même de trois plus petits canaux qui communiquent, d'une part avec la chambre, et, d'autre part, avec l'extérieur. Trois petits pistons permettent d'obturer l'un après l'autre les canaux en question suivant le niveau de la combustion. Le but de ce dispositif compliqué est, déclare l'inventeur, de permettre à l'air aspiré, tout au moins à une fraction de cet air, de ne traverser qu'une faible couche de tabac frais, et, par suite, de ne pas se charger autant de nicotine et d'humidité; enfin, il serait aussi plus facile de maintenir la pipe propre. Gageons que la manœuvre des pistons ne tentera que les novices, ceux qui ne savent pas encore bourrer une pipe avec art et tirer tout doucement sur une bonne « bouffarde ».

Éclairage artificiel des plateaux de microscope.

Il est souvent difficile d'utiliser un microscope dans de bonnes conditions d'éclairage et c'est pour cette raison que l'on a déjà cherché à réaliser des dispositifs rendant une petite source lumineuse solidaire de l'appareil et maintenant le plateau ou porte-objet du microscope constamment éclairé. Comme, cependant, l'on n'a, jusqu'ici, fait appel qu'à des ampoules genre « noisette » et ne présentant, par conséquent, qu'un foyer en quelque sorte ponctuel, l'éclairement réalisé était loin d'être uniforme; C'est pour obvier à cet inconvénient qu'un Américain, M. Alexandre Silverman, a fait breveter récemment un dispositif d'éclairage pour microscope comportant une lampe annulaire susceptible d'entourer complètement l'extrémité inférieure de l'instrument, juste au-dessus de l'objectif; on conçoit que, de cette façon, le porte-objet est infiniment mieux éclairé que par une ampoule ordinaire, si bien placée fût-elle ; d'ailleurs, cette lampe annulaire est entourée jusqu'à mi-hauteur par un réflecteur épousant sa forme, qui, tout en augmentant la concentration des rayons lumineux sur le plateau, empêche l'observateur d'être ébloui par des rayons venant frapper directement sa rétine.

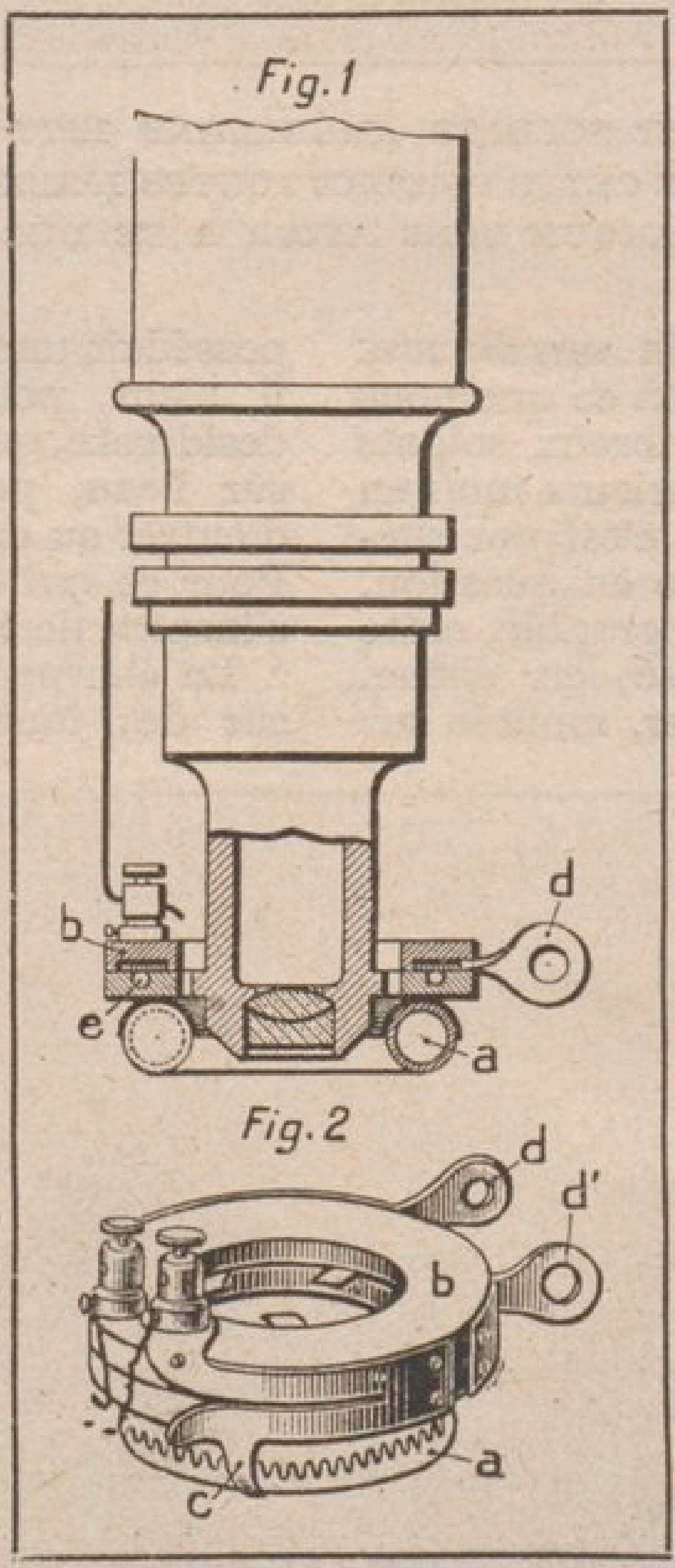
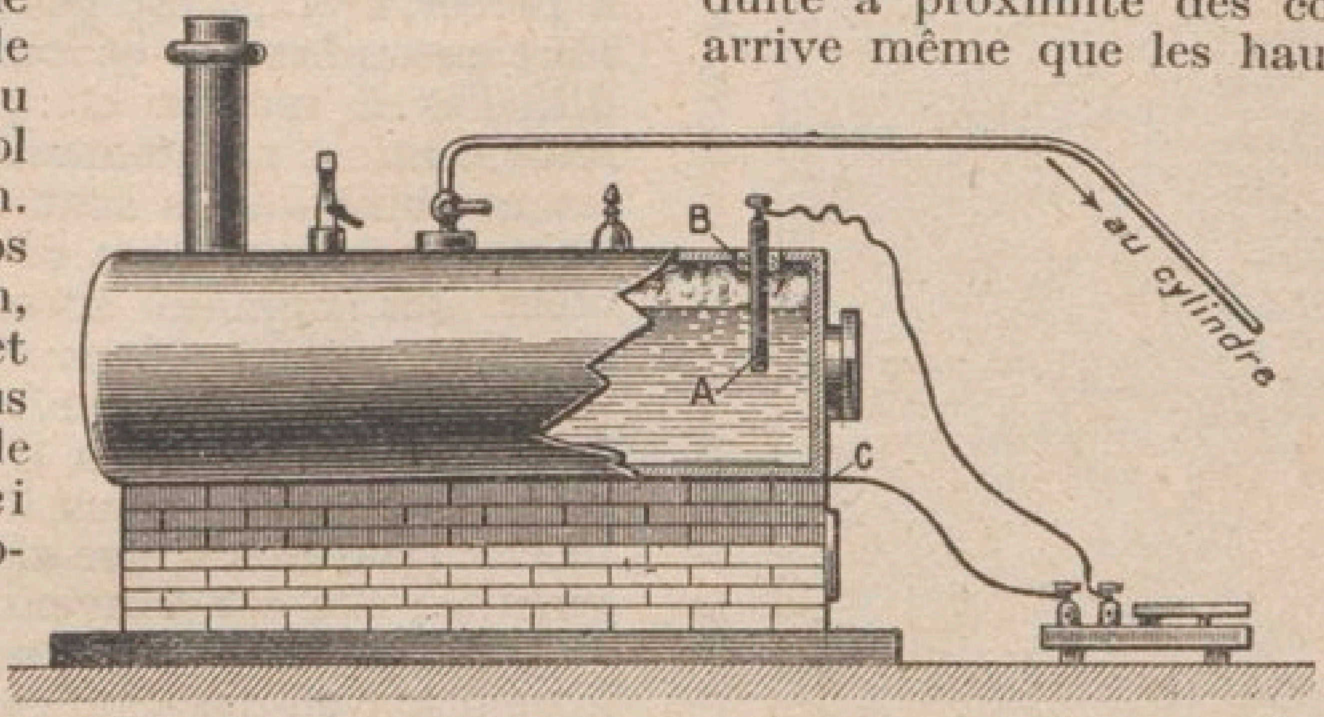


Fig. 1 et 2 : a, lampe annulaire ; b, support de la lampe ; c, griffe d'attache de l'ampoule ; d d', pinces permettant de fixer la lampe à l'objectif du microscope.

La lampe *a* est rendue solidaire du microscope par un agencement très ingénieux de son support. Le dessin nous montre que ce support *b* comporte un dispositif de serrage possédant trois doigts, auxquels la manœuvre d'une pince *(d, d')* peut communiquer un mouvement collectif et simultané, provoquant, suivant qu'on aura serré ou lâché les pinces, la rentrée des doigts à l'intérieur du support ou, au contraire, leur saillie vers le centre du système. Au repos, les doigts demeurent dans cette dernière position sous l'action d'un ressort qui maintient également les pinces écartées. Ce dispositif, non seulement conserve la source lumineuse toujours centrée, c'est-à-dire concentrique à l'instrument, mais permet encore, grâce à sa monture extensible, d'adapter l'appareil éclairant à des microscopes dont les tubes ont des diamètres différents

Le chauffage électrique des chaudières de jouets à vapeur.

On peut, dans les machines à vapeur pour enfants, chauffer électriquement l'eau de la chaudière et éliminer du même coup le danger et le peu de commodité du chauffage à l'alcool ou à l'esprit de vin. Ce sont deux de nos lecteurs de Milan, MM. Casiglion et Dugnani, qui nous en indiquent le moyen. Celui-ci consiste à introduire dans la chaudière, soit par un trou indépendant, soit par l'orifice de la soupape, une vergette de fer, en isolant cette dernière, au moyen, par exemple, d'un tube de verre, de la paroi métallique de la chaudière et en rendant le joint étanche pour éviter des fuites de vapeur. Cette vergette est reliée par un conducteur à une distribution d'éclairage électrique de voltage normal (110 volts continu ou alternatif). Le circuit est fermé, de préférence par l'intermédiaire d'un interrupteur quelconque, à travers l'eau de la chaudière — eau que l'on acidule légèrement avec un grain de sel de cuisine — au moyen d'un second conducteur dont on fixe l'extrémité libre en un point quelconque du métal de la chaudière. En quelques minutes, l'eau, échauffée fortement par la résistance offerte au passage d'un courant dont l'intensité est, somme toute assez considérable, entre en ébullition et bientôt la vapeur est produite en quantité suffisante pour actionner la machine.

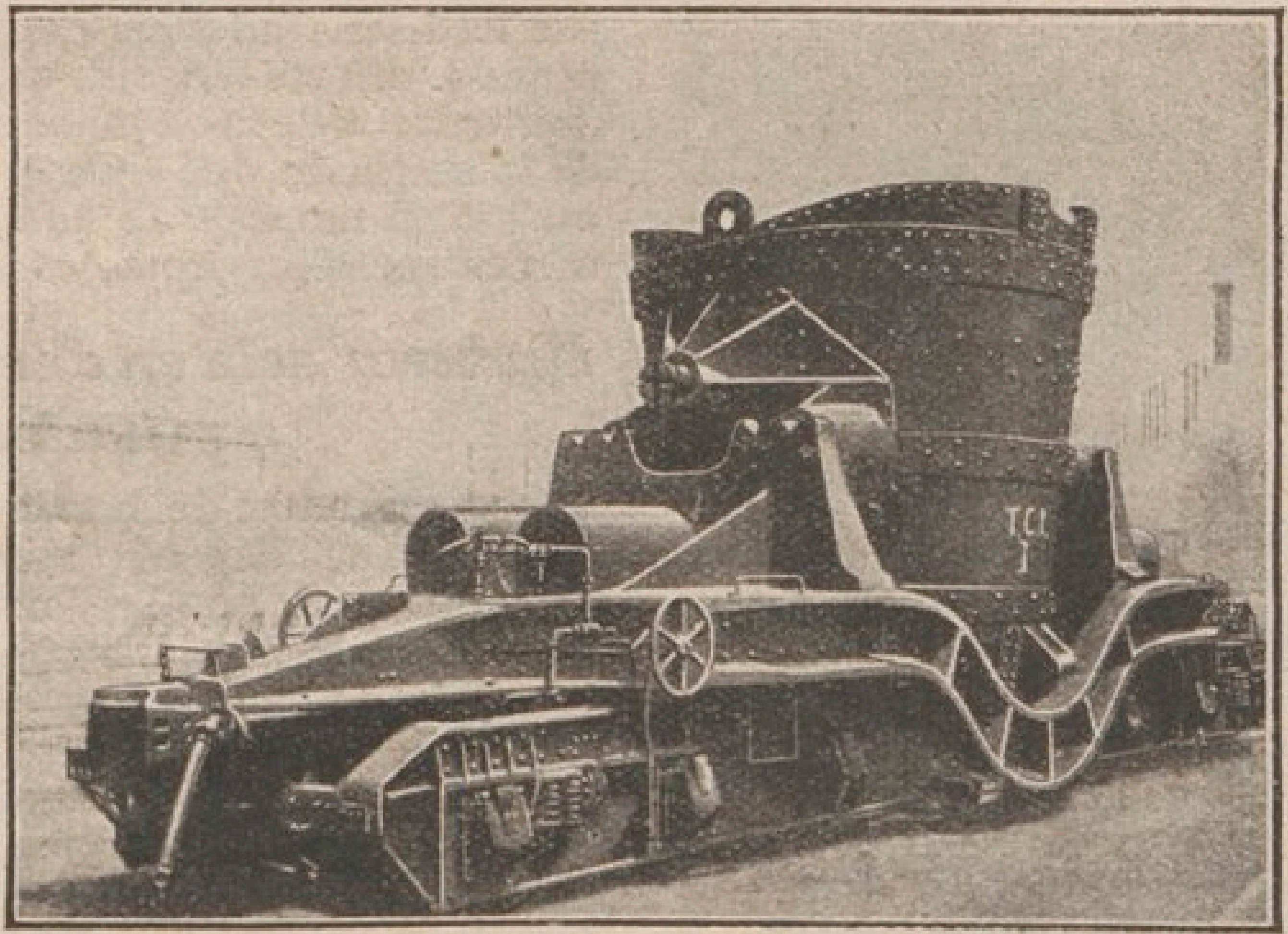


L'EAU DE CETTE CHAUDIÈRE-JOUET EST CHAUFFÉE ÉLECTRIQUEMENT PAR UN MOYEN TRÈS SIMPLE

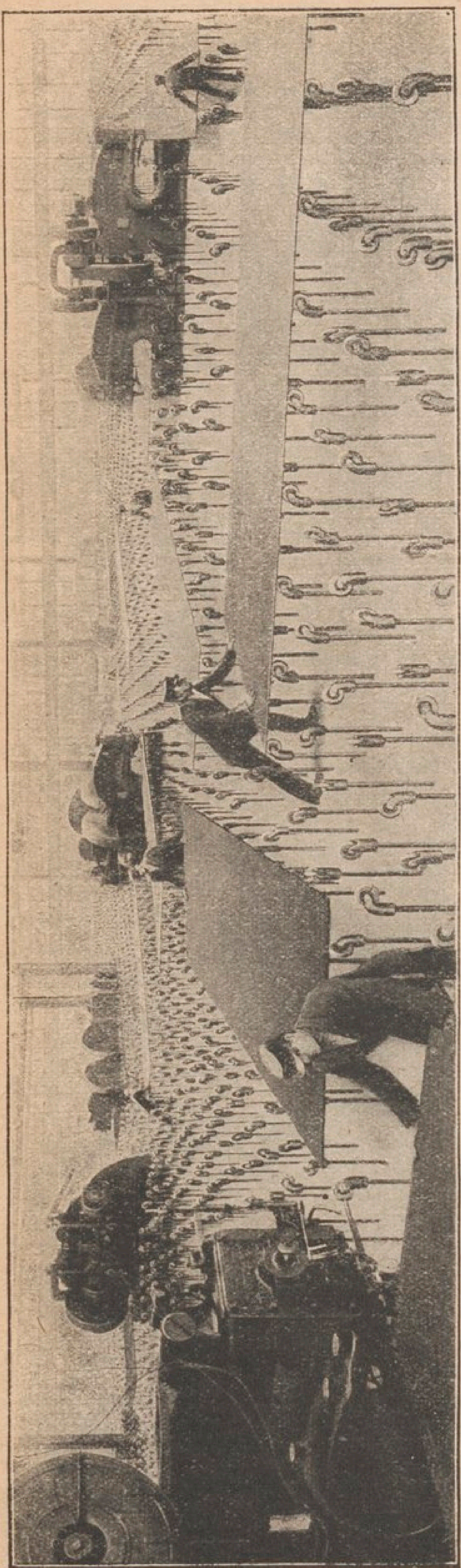
Une petite tige de fer A *plonge dans l'eau, légèrement acidulée, de la chaudière ; le joint* B *isole la tige du corps de l'appareil et s'oppose aux fuites de vapeur. La tige fait partie d'un circuit pris en dérivation sur une distribution ordinaire d'éclairage électrique et fermé sur le corps même de la chaudière au moyen du fil* C. *Un interrupteur complète l'installation.*

Du métal fondu transporté sur les réseaux de chemin de fer.

Dans la fabrication de l'acier, il faut, on le sait, utiliser de la fonte en fusion ; or, cette fonte n'est pas toujours produite à proximité des convertisseurs ; il arrive même que les hauts-fourneaux sont très éloignés de l'aciérie proprement dite, comme ils peuvent aussi être éloignés des moules où l'on coule la fonte ou le fer en saumons, barres, etc., bref, il est souvent nécessaire de transporter du métal en fusion d'un point à un autre. Sur un petit parcours, ce transport peut être effectué au moyen de ponts roulants ou de grues, mais quand il s'agit de distances assez grandes, il faut recourir à des trucks montés sur rails. Notre photographie représente précisément un semblable truck, un truck de dimensions inusitées, on l'avouera, et qui n'a pas été fait pour un tronçon de voie de quelques centaines de mètres de longueur (il emprunte une voie ferrée de près de vingt kilomètres). Monté sur boggies, ce truck est pourvu d'un berceau sur lequel repose, au moyen de doubles tourillons latéraux, la cuve contenant le métal fondu. Afin de retarder le refroidissement de ce dernier, ladite cuve est à parois doubles entre lesquelles est introduite une matière calorifuge. Deux œils, placés à sa partie supérieure, permettent de la manutentionner et, à sa base, une chappe sert à la faire basculer pour en vider le contenu.



CE TRUCK PERMET DE TRANSPORTER DU MÉTAL FONDU PAR CHEMIN DE FER, A LA VITESSE D'UN TRAIN EXPRESS ET SANS PERTE SENSIBLE DE CALORIES



DU LAMINOIR A LA DÉCOUPEUSE, A LA MACHINE A PERCER, ETC... CES PLAQUES VOYAGENT SUR DE VÉRITABLES CHEMINS DE ROULETTES

De lourdes plaques de tôle maniées sans effort.

DÉPLACER de grandes plaques de tôle et, notamment, les transporter du laminoir à la découpeuse, à la machine à percer, etc..., n'est pas une petite affaire. Fort encombrantes et lourdes, les tôles sont difficiles à manier et, pour faciliter leur manutention, notamment dans les usines où les machines-outils sont assez éloignées les unes des autres, on a dû depuis longtemps créer des organes spéciaux (convoyeurs, chariots, etc...). Cependant, aucune des solutions adoptées ne résoud complètement le problème, pas plus d'ailleurs que celle, plus récente, que nous illustrons ici et qui mérite pourtant d'être signalée par son originalité ; elle est d'invention américaine.

Ainsi que le montre notre photographie, la solution en question consiste en éléments identiques constitués chacun par une tige de fer surmontée d'un col de cygne que termine une roulette à laquelle sa monture permet de tourner dans le plan horizontal. Plusieurs éléments sont montés sur une même plaque de fondation et toutes les plaques sont noyées dans le ciment du plancher de l'usine. Les tiges étant réparties suivant un arrangement qui permet de circuler entre elles et ayant la même hauteur, laquelle est calculée de manière à ce que le sommet des roulettes affleure le niveau du banc des diverses machines, il suffit, pour manipuler les plaques de tôle, de les pousser sur lesdites roulettes, ce qui n'exige pas de grands efforts. Ajoutons, pour ceux qui douteraient de la commodité ou de l'efficacité de la méthode, que celle-ci a été adoptée par un grand nombre de laminoirs et établissements métallurgiques d'outre-Atlantique.

Un bœuf scié en deux en quelques minutes.

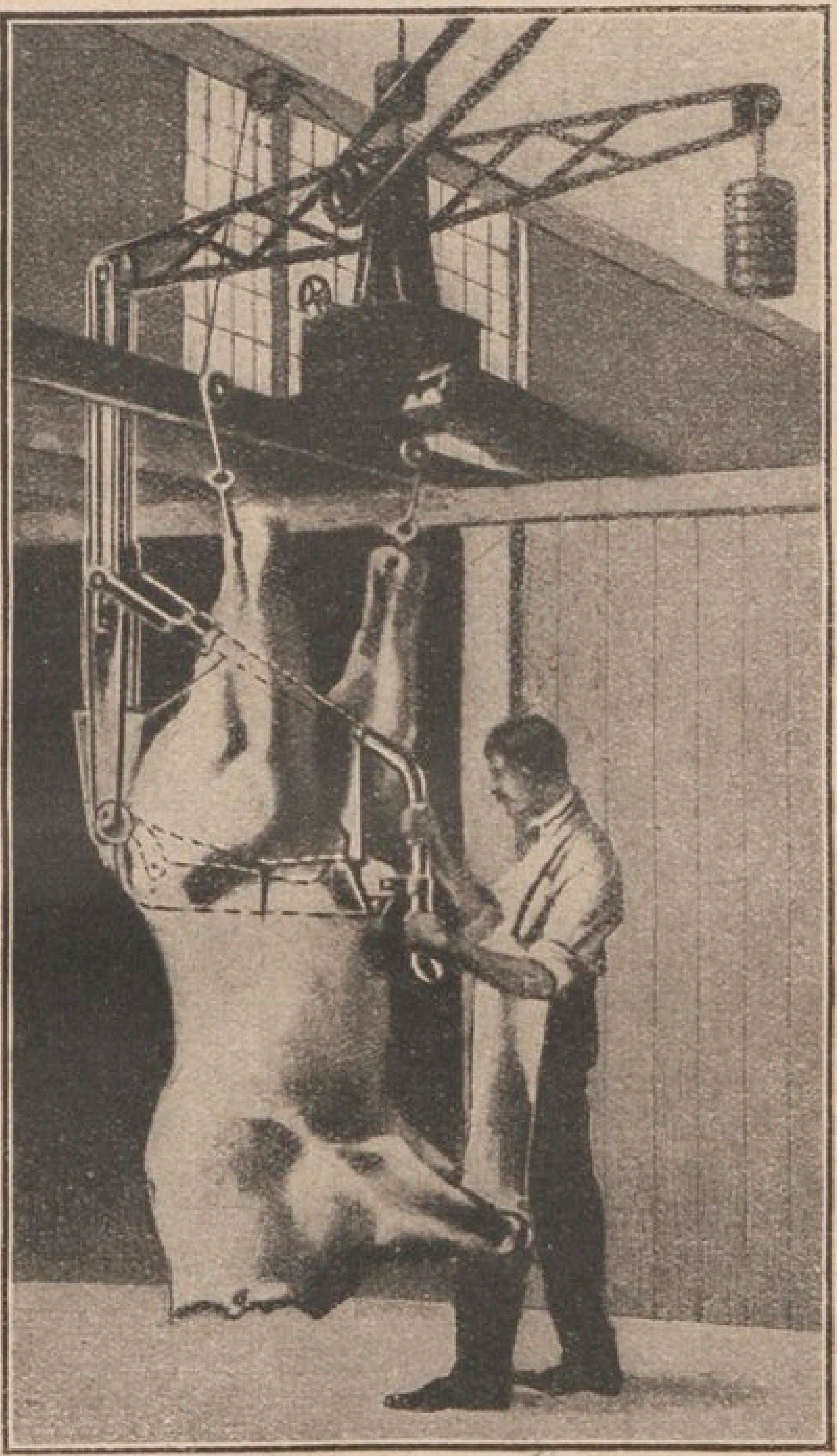
LES animaux de boucherie ne sont abattus et dépecés aux Etats-Unis que dans un nombre restreint de grands centres d'abatage, dont le plus considérable est Chicago. Des villes de l'importance de Philadelphie, Baltimore, Washington, etc... sont presque exclusivement approvisionnés de viandes par ces centres, lesquels sont souvent fort éloignés et ne fournissent, par suite, que de la viande frigorifiée. Ceci prouve, en passant, l'inanité du préjugé qui s'attache, en France, à cette viande, car nul ne saurait, dans les villes que nous venons de citer, se plaindre de la mauvaise qualité des biftecks et cotelettes — pour ne citer que ces morceaux les plus couramment demandés — vendus sur les marchés ou dans les boucheries.

Or, s'il fallait, dans les abattoirs de Chicago et autres centres du même genre, se contenter de la scie, du couperet et du couteau pour dépecer, « débiter » les animaux tués, les

prix de la viande en seraient notablement augmentés. Une opération qui porte journellement sur des dizaines de milliers de bêtes doit, on le conçoit, être conduite rapidement et ici, comme dans toutes les autres industries, la machine s'est insensiblement et fort heureusement substituée à l'outil manuel de par la force même des choses.

Ce serait sortir du cadre restreint de cette rubrique que de vouloir décrire toutes les pièces de l'arsenal des grands abattoirs américains; nous nous contenterons de signaler à l'attention de nos lecteurs une machine récemment inventée par deux frères, MM. Auguste et Charles Karhan, de New-York, pour dépecer mécaniquement les animaux de grande taille.

Cet appareil est constitué par une scie à ruban à laquelle un moteur électrique communique, par l'intermédiaire d'un système de renvois et de transmissions à courroies, un mouvement de déplacement continu autour de deux points fixes pourvus chacun d'un galet. L'un des galets est solidaire de la poignée d'un bras de guidage; l'autre est monté à l'extrémité d'un bras vertical articulé à un autre bras horizontal et terminé par un contrepoids ; ce second bras est lui-même monté à pivot sur un chariot pouvant se déplacer sur un rail à la façon d'un pont roulant. Au-dessus de la scie se trouve un énorme couperet également supporté par le bras vertical. Grâce au contrepoids, le boucher peut soulever sans effort ce lourd couperet qui sert à parachever le travail de la scie en élargissant le chemin qu'elle se fraye. La bête, suspendue au rail par ses deux pattes de derrière au moyen de crochets *ad hoc*, est ainsi sciée dans toute sa longueur en quelques minutes. Il n'est pas même nécessaire de guider la lame pendant l'opération, car aucune déviation ne peut se produire.



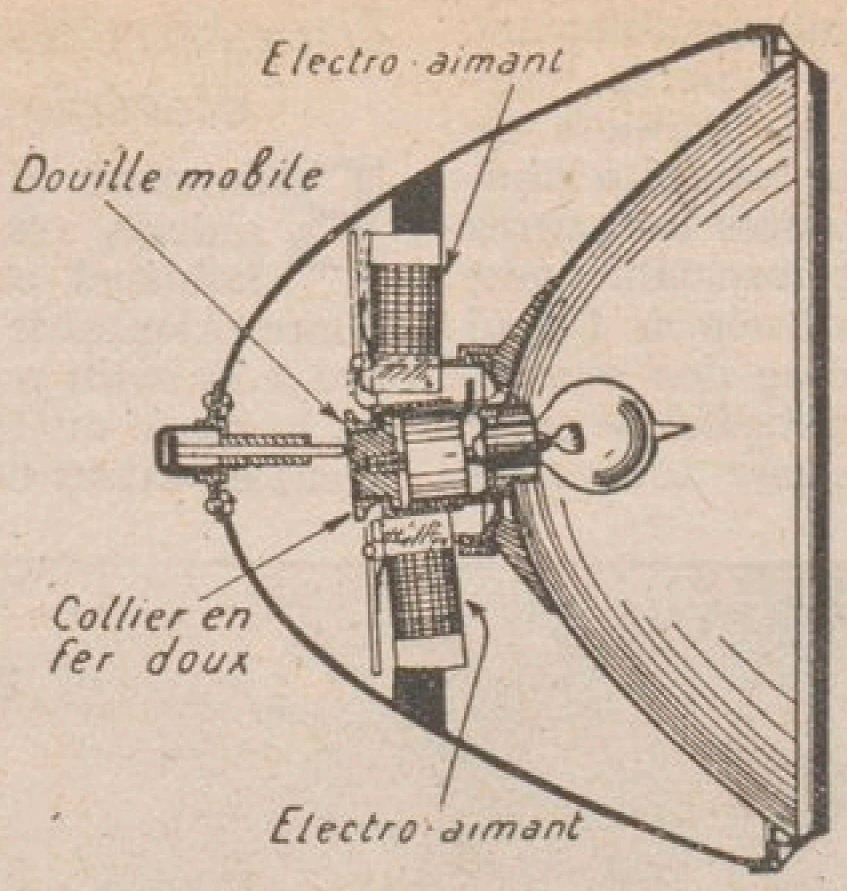
CETTE SCIE MÉCANIQUE A RUBAN, COMPLÉTÉE PAR UN LOURD COUPERET, PERMET DE SCIER UN BŒUF EN DEUX TRÈS RAPIDEMENT

Un phare dont la lampe peut être électriquement orientée.

Beaucoup d'automobiles modernes possèdent, en plus de leur équipement habituel en phares et lanternes, un phare orientable que le conducteur manœuvre à la main pour éclairer les accotements de la route ou faire varier l'angle d'éclairement en avant de la voiture. Or, voici qu'un inventeur a eu l'idée de rendre orientable non plus le phare lui-même, mais sa lampe, et de commander l'orientation de celle-ci électriquement. A cet effet, il a monté la douille de la lampe en question à rotule, de manière qu'elle puisse se déplacer verticalement et latéralement entre les armatures de deux paires d'électro-aimants disposées à angle droit l'une de l'autre (seule la paire des électros verticaux est visible sur le dessin). D'autre part, il entoura cette douille d'un fourreau ou collier en fer doux. Ceci dit, on comprend que si le pilote appuie, par exemple sur le bouton «droite» d'un interrupteur placé à portée de sa main, il provoquera un rappel de la lampe vers la droite *au moyen de l'électro-aimant de gauche*, qui sera alors excité. Inversement, s'il veut éclairer davantage le côté gauche de la route, il appuiera sur le bouton portant l'indication correspondante, lequel excitera l'électro-aimant de droite, les fils de jonction entre les boutons de l'interrupteur et les électros étant, pour les besoins de la cause, tous inversés. On observera, cependant, que lorsque la lampe se déplace, son filament cesse de se trouver au foyer du réflecteur, puisque ce dernier demeure fixe; les rayons du faisceau lumineux perdent donc de leur parallélisme pour s'étaler suivant un cône très ouvert. L'inventeur a pensé que c'était là un avantage plutôt qu'un inconvénient, le parallélisme des rayons lumineux

n'étant désirable que pour l'éclairage dans l'axe de la route, là où l'on cherche surtout à éclairer loin.

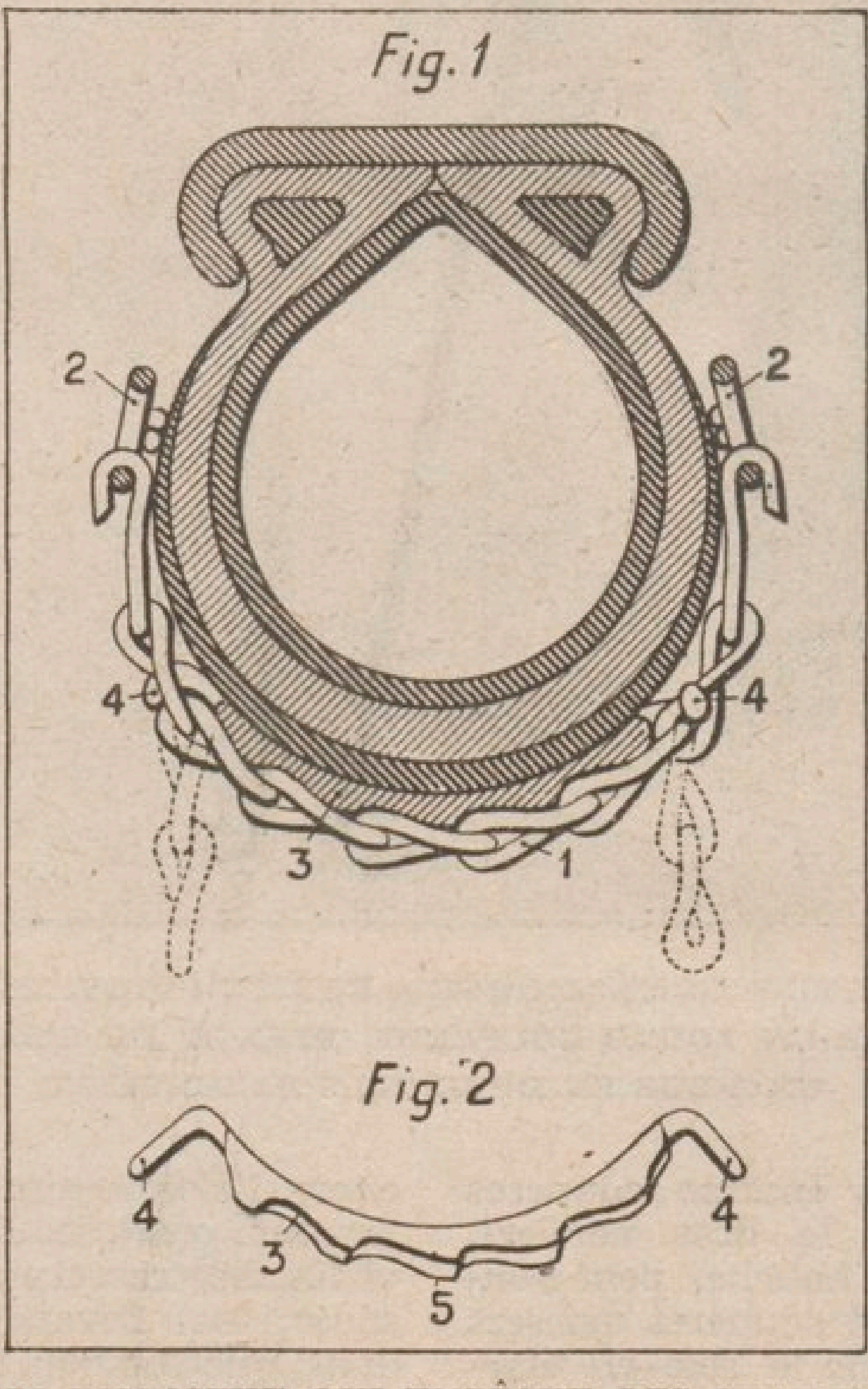
Un autre avantage du dispositif en question est de permettre à la lampe de demeurer dans la position qu'on lui a fait prendre jusqu'à ce qu'on désire lui en donner une autre. Pour éviter, par ailleurs, que la lampe ne soit rappelée trop brusquement d'une position à une autre, ce qui ne tarderait pas à amener la rupture de son fragile filament, la partie postérieure de la douille frotte constamment contre la tige d'un piston élastique qui joue ainsi le rôle d'amortisseur. Ajoutons qu'un système de ressorts maintient la lampe centrée au foyer du réflecteur lorsqu'aucun électro-aimant ne la sollicite dans une autre orientation.



QUATRE ÉLECTRO-AIMANTS PERMETTENT D'ORIENTER LA LAMPE DE CE PHARE EN HAUTEUR ET DIRECTION

Un nouveau dispositif antidérapant pour les automobiles.

On sait combien sont fréquents et souvent très graves les accidents causés par le dérapage des automobiles. Pour y remédier, au moins dans une certaine mesure, on a créé des pneumatiques plus ou moins anti-dérapants et toute une variété de chaînes ayant également pour fonction de s'opposer au patinage des roues caoutchoutées sur les chaussées glissantes. Ces chaînes constituent d'ailleurs un très bon palliateur, mais elles ont le grand inconvénient de détériorer les pneumatiques ; en outre, quand une chaîne se brise, les deux tronçons libérés se mettent le plus souvent, du fait de la rotation rapide de la roue, à frapper le garde-boue ou quelque autre pièce de la carosserie, ce qui provoque un bruit désagréable et abîme la voiture.



UN DISPOSITIF QUI EMPÊCHE LES CHAINES ANTI-DÉRAPANTES D'ABIMER LES PNEUS

Entre la chaîne anti-dérapante 1, *maintenue par la chaîne d'assemblage* 2, *est interposée une pièce de protection* 3 *fixée par des crocs* 4 *à la chaîne anti-dérapante. Cette pièce reproduit sur sa surface extérieure* 5 *le moulage des maillons de ladite chaîne.*

C'est pour obvier à ce double inconvénient que M. Macwilliam, un Américain, a imaginé et fait breveter le dispositif que représente notre dessin. Dans ce dispositif, la chaîne antidérapante *1* est attachée elle-même à deux autres chaînes latérales *2, 2*. Une pièce *3* (faite d'une matière plastique que l'inventeur ne précise pas) est interposée entre la surface de roulement du pneumatique et les arceaux de la chaîne antidérapante ; la surface concave de cette pièce est lisse ; au contraire, sa surface convexe présente des creux et des saillies reproduisant, en somme, le moulage des maillons de la chaîne antidérapante, ce qui contribue à assurer une bonne tenue de l'ensemble. Des crocs *4* engagés dans les maillons de la chaîne antidérapante empêchent la pièce interposée de glisser. Le rôle de cette dernière est de protéger la surface de roulement du pneumatique. L'examen du dessin montre, en outre, qu'en cas de rupture de la chaîne, les tronçons libérés sont trop courts pour pouvoir frapper, dans leur mouvement de fronde, les garde-boue ou tout autre organe du véhicule. L'invention est originale, mais nous doutons fort que le dispositif puisse être commodément fixé aux roues lorsque la maudite pluie commande au chauffeur de se précautionner contre les dérapages.

La mise en place et la fixation des chaînes ordinaires est déjà, en effet, une opération assez longue et peu commode, que la plupart des conducteurs ne se résignent à effectuer que lorsqu'il est dangereux de passer outre.

V. Rubor.

CHRONOLOGIE DES FAITS DE L'APRÈS-GUERRE

(Nous reprenons cette chronologie aux dates suivant immédiatement celles où nous avons dû l'interrompre dans notre précédent numéro.)

Février 1919

Le 1er. — *A la Conférence de la paix, M. Bratiano expose les revendications roumaines.*

Le 2. — *Le prince Alexandre de Serbie est reçu à Paris aux acclamations de la foule. — Le gouvernement décide que les accapareurs et les spéculateurs seront déférés aux conseils de guerre.*

Le 3. — *Réception solennelle de M. Wilson à la Chambre des députés. — M. Venizelos expose à la Conférence les revendications grecques. — Ouverture, à Berne, de la conférence socialiste internationale.*

Le 4. — *On signale de nouveaux mouvements révolutionnaires dans diverses villes allemandes.*

Le 5. — *La conférence de Berne refuse de se prononcer sur la question des responsabilités de la guerre. — Les bolchevistes acceptent, sous certaines conditions, d'aller à Prinkipo.*

Le 6. — *Ouverture, à Weimar, de l'Assemblée nationale allemande. — La conférence entend les demandes du Hedjaz. — Ouverture de la conférence syndicaliste internationale, à Berne.*

Le 7. — *La Chambre adopte le projet du gouvernement contre les accapareurs et les spéculateurs.*

Le 8. — *L'aérobus* Goliath, *ayant à bord quatorze passagers, se rend de Paris à Londres en deux heures trente-cinq, et revient, le lendemain, en trois heures trente.*

Le 10. — *A la Conférence, M. Klotz donne lecture d'un document officiel allemand fixant les méthodes de destruction des installations industrielles françaises.*

Le 11. — *Exposé, à la Conférence, des revendications de la Belgique. — Ebert est élu président de la République allemande. — Dans un grand discours, M. Lloyd George affirme que la Conférence est unanime à vouloir la Société des Nations.*

Le 12. — *Le Conseil supérieur de guerre fixe les conditions qui seront imposées à l'Allemagne pour le renouvellement de l'armistice. — Scheidemann est nommé chancelier de la République allemande. — Le* Goliath *va en deux heures dix de Paris à Bruxelles.*

Le 13. — *Le maréchal Foch part pour Trèves, porteur des nouvelles conditions d'armistice.*

Le 14. — *M. Wilson donne lecture à la Conférence du projet complet de la Société des Nations.*

Le 15. — *Départ de M. Wilson pour l'Amérique. — A Weimar, le comte Brockdorff-Rantzau, ministre des Affaires étrangères, déclare que l'Allemagne réclamera sa flotte, ses colonies et ne renoncera pas à ses droits sur l'Alsace-Lorraine. — La Serbie demande l'arbitrage entre elle et l'Italie, au sujet de Fiume.*

Le 16. — *L'armistice est renouvelé. Les Allemands doivent cesser immédiatement toute opération contre la Pologne. — Arrivée à Paris de la reine d'Italie et de ses deux filles.*

Le 18. — *L'Italie déclare qu'elle ne saurait accepter un arbitrage sur la question de Fiume. — Au cours d'un exposé financier, M. Klotz affirme que l'Allemagne devra payer l'intégralité de sa dette.*

Le 19. — *Le jeune anarchiste Cottin tire plusieurs coups de revolver sur M. Clemenceau. Ce dernier est atteint par une balle qui se loge près du poumon. — Un coup de force échoue à Munich contre le gouvernement de Kurt Eisner.*

Le 21. — *Assassinat de Kurt Eisner. — A Paris, par contumace, les défaitistes Guilbeaux et Hartmann sont condamnés à mort.*

Le 24. — *M. Wilson débarque aux Etats-Unis. — La Conférence entend les revendications albanaises. — Trois délégués bolcheviks, arrivés en France avec plusieurs millions, sont internés près de Dunkerque.*

Le 25. — *A la Conférence, la France demande la suppression de l'acte d'Algésiras et un protectorat marocain libéré de toutes charges. — M. Wilson prononce à Boston un grand discours où il magnifie le rôle des Etats-Unis, « sauveurs du monde ». — Lecture est donnée à l'Assemblée de Weimar du projet de Constitution; il y est dit que l'Allemagne sera un empire.*

Le 26. — *Devant la Conférence, l'Arménie revendique sa nationalité. — Première sortie de M. Clemenceau, qui va faire une visite au château de Versailles.*

Le 27. — *M. Clemenceau reprend ses occupations au ministère de la Guerre. — La Chambre vote la prime de démobilisation. — Ludendorf demande à comparaître devant un tribunal. — De nouvelles agitations révolutionnaires se produisent en Allemagne.*

Le 28. — *Le gouvernement publie une note disant qu'il n'y aura aucun impôt nouveau avant la fixation de la dette allemande.*

Mars

Le 1er. — *Le maréchal Foch dépose son rapport sur les conditions militaires à imposer aux Allemands.*

Le 3. — *Le Conseil supérieur de guerre charge le maréchal Foch de coordonner les rapports des experts militaires, navals et aériens. — Les lycéennes de « Jules-Ferry » viennent offrir à M. Clemenceau la plume en or avec laquelle il signera la paix.*

Le 4. — *Il est décidé que la Belgique sera libérée du traité de 1839, la contraignant à la neutralité. — La grève générale est proclamée à Berlin.*

Le 5. — *Arrivée à Paris de la reine Marie de Roumanie. — M. Wilson, dans un grand discours prononcé à New-York, proclame la nécessité de la Société des Nations.*

Le 6. — *Le conseil supérieur de guerre adopte les conclusions du rapport Foch sur le désarmement naval de l'Allemagne. — Soulèvement spartacien à Berlin.*

Le 7. — *A la suite des prétentions allemandes les pourparlers engagés à Spa pour la livraison de la flotte marchande sont rompus. — Violents combats à Berlin ; les troupes gouvernementales chassent les insurgés du centre de la ville.*

Le 9. — *Il est décidé que les pourparlers interrompus à Spa seront repris à Bruxelles. — L'émeute spartacienne semble décidément vaincue à Berlin.*

Le 10. — *Le Conseil interallié décide que l'armée allemande ne pourra pas compter plus de cent mille hommes, et que son matériel sera limité.*

Le 11. — *Les faubourgs de Berlin, dans lesquels les insurgés tenaient encore, sont enlevés par les troupes du gouvernement.*

Le 12. — *Le Conseil supérieur de guerre décide que tous les avions et dirigeables allemands devront être remis aux alliés, et qu'il sera interdit à l'Allemagne d'en reconstruire. — L'Italie, dans un memorandum, consigne ses revendications territoriales.*

Le 13. — *M. Wilson débarque à Brest.*

Le 14. — *Cottin, qui tira sur M. Clemenceau, est condamné à mort. — Paris acclame M. Wilson. — A Bruxelles, les Allemands consentent à céder leur flotte marchande, contre du ravitaillement.*

Le 15. — *Les Allemands soulèvent, à Posen, des difficultés pour le règlement de la question polonaise.*

Le 16. — *Le bilan des troubles berlinois est dressé : cent millions de dégâts et quinze cents morts.*

Le 17. — *Le Conseil interallié adopte définitivement les clauses du désarmement allemand.*

Le 19. — *Le Conseil interallié enjoint aux armées devant Lemberg de cesser immédiatement les hostilités. — On annonce une avance des troupes bolchevistes dans la direction d'Odessa, où se rend le général Franchet d'Esperey.*

Le 20. — *Devant les exigences des Allemands M. Noulens rompt les négociations de Posen. — M. Millerand est nommé commissaire général de l'Alsace et de la Lorraine. — Les Polonais dégagent Lemberg et brisent le front ukrainien.*

Le 22. — *La Conférence s'occupe de la question polonaise. — Le blocus de l'Autriche est supprimé. — Le président hongrois Karolyi donne sa démission et laisse le pouvoir au prolétariat. — Les bolcheviks annoncent une avance sur Odessa.*

Le 23. — *M. Wilson visite les régions dévastées. — Le nouveau gouvernement hongrois fait appel au secours bolcheviste. — Inauguration du service postal Paris-Bordeaux.*

Le 24. — *Il est décidé que la Ligue des Nations comportera une section financière. — Première audience du procès de Villain, qui assassina Jaurès.*

Le 25. — *Le Comité des Dix de la Conférence est remplacé par le Comité des Quatre, comprenant MM. Clemenceau, Lloyd George, Wilson et Orlando; le maréchal Foch prend part aux délibérations. — Le gouvernement anglais déclare aux Communes que la situation d'Odessa n'est pas dangereuse.*

Le 26. — *A la Chambre, M. Pichon déclare que le gouvernement français n'est pas contre la Russie, mais contre le bolchevisme, qui opprime ce pays et l'empêche d'exprimer librement ses sentiments.*

Le 27. — *M. Wilson annonce que le texte définitif du projet de Ligue des Nations est prêt. — La mission militaire alliée quitte Budapest. — On assure que la mission française à Dantzig aurait été emprisonnée.*

Le 28. — *L'Allemagne demande que les divisions polonaises ne débarquent pas à Dantzig. — L'Entente invite les délégués financiers allemands à venir à Versailles. — On annonce l'envoi en Roumanie du général Mangin.*

Le 29. — *Raoul Villain est acquitté par le jury de la Seine. — Les troupes roumaines battent les forces bolchevistes dans la région de Maja Vilaska. — La reine de Roumanie rentre de Londres à Paris. — Le maréchal Pétain pose sa candidature à l'Académie des sciences morales et politiques.*

Le 30. — *Le maréchal Foch a fait parvenir à la commission allemande de l'armistice une note disant qu'il se rendra le 3 avril à Spa pour régler la question du débarquement des troupes polonaises à Dantzig. — M. Millerand est venu à Paris conférer avec M. Clemenceau.*

Le 31. — *Les débats du procès Charles Humbert, Pierre Lenoir et consorts commencent devant le 3e conseil de guerre. — On annonce la venue prochaine, à Pont-Sainte-Maxence, de la délégation financière allemande.*

Le Gérant : Lucien Josse. Paris — Imp. Verdier, 18, rue d'Enghien.

POURQUOI ?

...Pourquoi lavez-vous vos mains
avec du Savon et... pas vos dents ?
? ? ? ? ?

Vous ne savez que répondre !!!

N'est-il pas évident
que le Savon SEUL
peut laver les dents
comme SEUL il
peut laver les mains

o c o

Cela crève les yeux
comme la lumière
- - du soleil - -

SAUVEZ vos DENTS

LE SAVON SEUL EST NÉCESSAIRE

Mais exigez la Marque

GIBBS

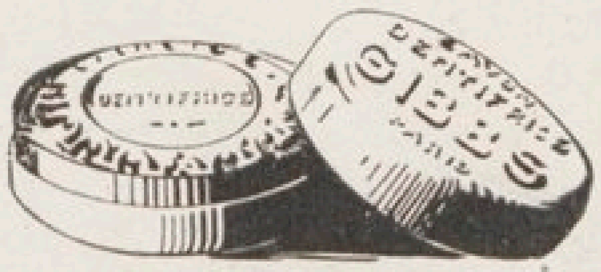
Savons et Pâtes
DENTIFRICES

DEPUIS PRÈS DE 50 ANS, Date de leur invention

aucune imitation n'a pu approcher leur arôme exquis signe visible de leur supériorié, ni surtout rivaliser les extraordinaires qualités que l'usage seul démontre.

" LAVEZ VOS DENTS COMME VOS MAINS "

Lavez-les Matin et Soir — *Lavez-les après chaque Repas*

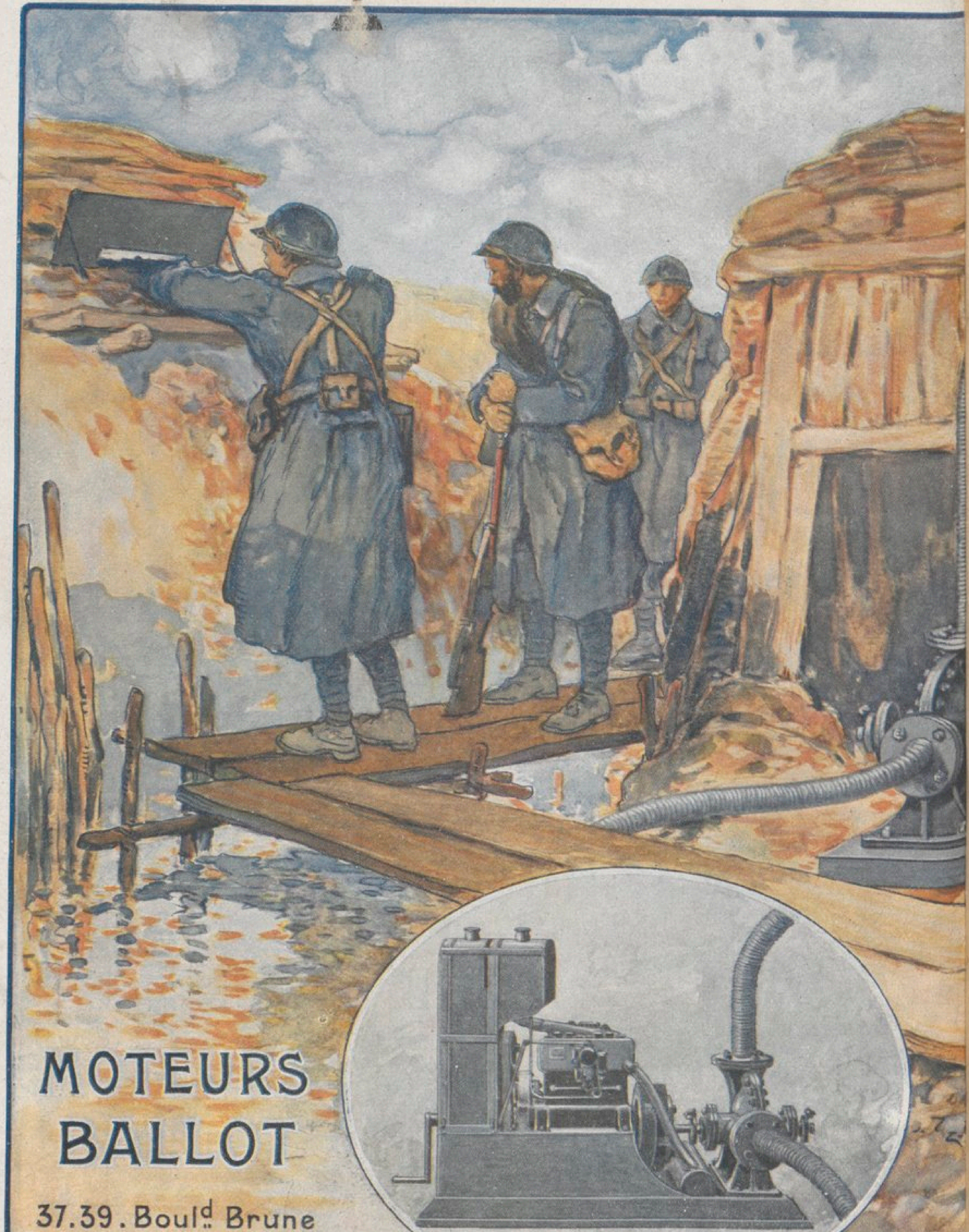


Boîte courante : 1 fr. 50
Savon dentifrice nu, pour boîte courante
Prix : 1 fr. 25

Boîte de luxe : 3 fr. 50
Savon dentifrice nu, pour boîte de luxe :
la boîte de deux pains : 3 fr. 50

P. Thibaud, et Cie, 7, rue La Boëtie. Paris.
Concessionnaires Généraux de D. et W. GIBBS, Inventeurs du savon pour la barbe et du savon dentifrice.

"LES APPLICATIONS DU MOTEUR BALLOT AUX ARMÉ



LE PROCHAIN NUMÉRO DE LA "SCIENCE ET LA VIE"
PARAITRA EN JUILLET 1919